

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CACIANE BASTOS PINTO BIRBEIRE

ESTOQUES DE CARBONO EM ÁREA FLORESTAL NATIVA E EM
PROCESSO DE RECUPERAÇÃO APÓS MINERAÇÃO, RIO BRANCO DO SUL -
PR

CURITIBA

2012

CACIANE BASTOS PINTO BIRBEIRE

ESTOQUES DE CARBONO EM ÁREA FLORESTAL NATIVA E EM
PROCESSO DE RECUPERAÇÃO APÓS MINERAÇÃO, RIO BRANCO DO SUL -
PR

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em Engenharia
Florestal – Área de Manejo Florestal, Setor de
Ciências Agrárias da Universidade Federal do
Paraná.

Orientador:

Prof. Dr. Carlos R. Sanquetta

Coorientador:

Prof. Dr. Marcelo Ricardo de Lima

CURITIBA

2012

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Birbeire, Caciane Bastos Pinto

Estoques de carbono em área florestal nativa e em processo de recuperação após mineração, Rio Branco do Sul – PR / Caciane Bastos Pinto Birbeire. – Curitiba, 2012.

92 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Ricardo de Lima

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 28/09/2012.

Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Carbono. 2. Minas e recursos minerais – Paraná. 3. Mudanças climáticas. 4. Efeito estufa (Atmosfera). 5. Reflorestamento. 6. Teses. I. Sanquetta, Carlos Roberto. II. Lima, Marcelo Ricardo de. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.289(816.2)



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 945

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Caciane Bastos Pinto Birbeire* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado **"ESTOQUES DE CARBONO EM ÁREA FLORESTAL NATIVA E EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO APÓS MINERAÇÃO, RIO BRANCO DO SUL - PR"**, é de parecer favorável à APROVAÇÃO do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.

Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO
Primeiro examinador

Dr. Ana Paula Dalla Corte
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 28 de setembro de 2012.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-coordenador do curso

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>

Dedico aos homens da minha vida,
Lucas Birbeire e Wagner Birbeire
e aos meus maravilhosos pais Miguel
e Cacilda, pelo apoio e incentivo em
todos os momentos...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, aos meus pais Cacilda Bastos Pinto e Miguel de Souza Pinto, pela educação que me foi dada, pela dedicação e empenho em todos esses anos para que minha formação superior fosse concluída, ao meu marido Wagner Nagib de Souza Birbeire, pelo apoio e incentivo incondicional em todas as etapas difíceis até a conclusão deste trabalho, aos meus avós Maria de Lourdes e Carlos Alberto, por acreditarem na sua neta e pelo apoio em todos os momentos, e aos meus irmãos Anderson e Victor pelo carinho e pelas risadas, e ao meu filho Lucas por me fazer nunca desistir.

Agradeço profundamente ao Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta pela oportunidade que me foi dada desde a primeira vez que pedi para trabalhar no Laboratório de Inventário Florestal, pelos ensinamentos, orientação e principalmente pela sua confiança e amizade, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço também a Prof. Dr. Marcelo Ricardo de Lima, pela valiosa contribuição na coorientação deste trabalho, mas também pela confiança e ensinamentos.

Agradeço também a Dr^a Ana Paula Dalla Corte pela valiosa e importantíssima contribuição no desenvolvimento deste trabalho, mas também pela confiança e ensinamentos a mim dados em todo o tempo em que trabalhamos juntas.

Aos colegas de estudo e amigos que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho.

Aos Diretores e Funcionários da Mineração Rio Pó Ltda. pela confiança, apoio e suporte técnico na execução dos trabalhos de campo.

Aos funcionários da empresa Mineral, em especial aos geólogos: Carlos Adolfo Schott David, Rosiney Gandolfi Machado e a Neila Chinen, pela confiança e pelo incentivo a mim dado, e ao Eng. Químico Normando Nereu, pelos constantes ensinamentos e incentivos.

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realizar este estudo.

Aos membros da coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR por tornar possível a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DA AUTORA

CACIANE BASTOS PINTO BIRBEIRE, filha de Miguel de Souza Pinto e Cacilda Bastos Pinto, nasceu em Duque de Caxias no Estado do Rio de Janeiro no dia 21 de Março de 1985. Em 2006 iniciou o curso de graduação em Engenharia Floresta na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em 2009, concluiu seu curso de graduação na Universidade Federal do Paraná (UFPR). Iniciou sua experiência profissional na área florestal no Laboratório de Inventário Florestal, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta.

Em 2010 foi aprovada para o Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, para realização do Mestrado em Engenharia Florestal na área de Manejo Florestal com o Dr. Prof. Carlos Roberto Sanquetta Manejo Florestal.

Desde 2009 pertence ao corpo técnico da empresa Mineral Geologia.

RESUMO

A deterioração do meio ambiente vem se refletindo em fenômenos que ocorrem em escala mundial, incidindo nos ciclos naturais e alterando os ecossistemas. O balanço global de carbono na atmosfera terrestre, emitidas anualmente na forma de dióxido de carbono (CO_2) está associado à degradação dos recursos naturais. A mineração abrange os processos, atividades e indústrias, cujo objetivo é a extração de substâncias minerais a partir de depósitos ou massas minerais. Atualmente as companhias mineradoras são obrigadas a cumprir normas ambientais, de encerramento e de funcionamento bastante restritas, de forma a assegurar que a área afetada pela exploração mineira regresse à sua condição inicial, ou próxima da inicial. O objetivo geral deste estudo é quantificar os estoques de carbono orgânico em três compartimentos específicos: biomassa, serapilheira e solo, existentes em áreas de mineração em processo de recuperação (bota fora), em comparação com um remanescente de vegetação nativa existente na área, bem como a perda de total de carbono e sua emissão de CO_2 para a atmosfera. A área de estudo se localiza no município de Rio Branco do Sul – PR. A vegetação nativa é composta por um remanescente em estágio inicial de desenvolvimento, enquanto que as áreas de bota fora são compostas por: um bota fora de quatro anos e um de oito anos de idade. Foram realizadas análises de solos nas áreas de vegetação nativa e nos bota foras, em duas profundidades específicas (0-20 cm e 20-40 cm), foi realizado um inventário na vegetação nativa e a coleta de serapilheira na floresta. A partir dos resultados obteve-se que a área de floresta armazena em sua biomassa $13,73 \text{ t C ha}^{-1}$, na serapilheira $3,7 \text{ t C ha}^{-1}$ e no solo (0-40 cm) $73,83 \text{ t C ha}^{-1}$, totalizando $91,25 \text{ t C ha}^{-1}$, enquanto que a área de bota fora estoca $3,01 \text{ t C ha}^{-1}$ na sua biomassa e $55,63 \text{ t C ha}^{-1}$ no solo, não tendo estas áreas serapilheira para quantificar, totalizando $58,64 \text{ t C ha}^{-1}$. A perda total de carbono foi de $41,47 \text{ t C ha}^{-1}$, gerando uma emissão de CO_2 para a atmosfera de $152,06 \text{ t de CO}_2$ equivalente, estas emitidas pela remoção da vegetação original e pelo revolvimento do solo. Conclui-se a partir da avaliação dos compartimentos que: o solo da floresta apresenta maiores estoques carbono orgânico que o bota fora em ambas as profundidades; que a biomassa da área de floresta consegue armazenar maiores quantidades de carbono orgânico que as áreas de bota fora, devido a sua baixa diversidade florística e que o compartimento serapilheira é quantificável na área de floresta, porém não no bota fora. Sendo possível a partir destes resultados, melhorar o sistema atualmente proposto para a recuperação efetiva dessas áreas.

Palavras-chave: Carbono, mineração, FOM e estoque

ABSTRACT

The deterioration of the environment is being reflected in worldwide scale problems that influences the natural cycles and change the ecosystems. The global carbon mass balance in Earth's atmosphere, emitted annually as carbon dioxide, is also related with degradation of the natural resources. The mining industry comprises processes and activities with the objective of extracting/explore minerals with economic value from a deposit. Nowadays the mining companies are obligated to follow strict environmental, operating and closing rules to secure that the damaged area from the exploration returns to your former condition or, at least, next to it. This thesis aims the quantification of organic carbon inventory in three specific compartments: biomass, plant litter and soil, which exists in mining areas in recovery process, in comparison with the remaining native vegetation in the area, as well as the total loss of carbon and the emission of CO₂ to the atmosphere. The area is located in the city of Rio Branco do Sul in the state of Paraná. The native vegetation is made up by a remaining in an early stage of development, whereas the waste spoil areas are compound by: a boot off of four year and another one of eight years old. Soil analysis were done in the native vegetation areas and in the waste spoil, in two specific depths (0-20 cm and 20-40 cm). An inventory was made in the native vegetation and the collection of the plant litter in the forest. From the results it was estimated that the forest area stores 13.73 t C ha⁻¹ in its biomass, 3.7 t C ha⁻¹ in the plant litter area and 73.83 t C ha⁻¹ in the soil (0-40 cm), totaling 91.25 t C ha⁻¹, while the wastes area stores 3.01 t C ha⁻¹ in its biomass and 55.63 t C ha⁻¹ in the soil, totaling 58.64 t C ha⁻¹ as it does not have plant litter areas. The total carbon loss was 41.47 ton C ha⁻¹, generating a CO₂ emission to the atmosphere of 152.06 ton CO₂eq, which where emitted by the removal of the original vegetation and by (soil inversion/stirring up the soil). From the compartment evaluation it is possible to conclude that: the forest soil presents higher organic carbon stock than the waste spoil in both depths; the biomass from the forest's area can store higher quantities of organic carbon than the biomass' from the waste areas, due to its low floristic diversity and that the plant litter compartment is quantifiable in the forest's area, but not in the waste spoil. From these results, it is possible to improve the current proposed system to an effective recovery of these areas.

Key-words: Carbon stock, open pit mining and waste spoil.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROCESSO DO EFEITO ESTUFA.....	19
FIGURA 2 - PRINCIPAIS PROCESSOS NO SOLO QUE INFLUENCIAM O CONTEÚDO DE CARBONO NO SOLO.	32
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
FIGURA 4 – frente de extração da mineradora MINERAÇÃO RIO PÓ LTDA.	42
FIGURA 5 - RECORTE DO MAPA DE SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ (CÍRCULO EM VERMELHO É A ÁREA DE ESTUDO).....	41
FIGURA 6 - APARÊNCIA DO REJEITO QUE COMPÕE O BOTA FORA DA EMPRESA RIO PÓ (RIO BRANCO DO SUL – PR).....	42
FIGURA 7 - MODELO DE EVOLUÇÃO DO BOTA-FORA EM NÍVEIS ASCENDENTES E O PROCESSO DE RECUPERAÇÃO ATRAVÉS DE REVEGETAÇÃO.	43
FIGURA 8 - BOTA FORA EXISTENTE NA ÁREA DE ESTUDO, COM O CAPIM-NAPIER E ALGUMAS ESPÉCIES PIONEIRAS.	45
FIGURA 9 - BOTA FORA EXISTENTE NA ÁREA DE ESTUDO, COM O CAPIM-NAPIER COMO ESPÉCIE PREDOMINANTE.....	45
FIGURA 10 - VEGETAÇÃO EXISTENTE NA ÁREA DE FLORESTA NATIVA.....	46
FIGURA 11 - DISPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS PARA SORTEIO (AMARELO) E AMOSTRAS SORTEADAS (VERMELHO).	48
FIGURA 12 - DEMONSTRAÇÃO DA PARCELA DE 300 m ² E DA SUB PARCELA DE 1 m ²	49
FIGURA 13 – VISÃO DA ÁREA DE FLORESTA NATIVA AVALIADA.	50
FIGURA 14 - GABARITO UTILIZADO PARA COLETA DA SERAPILHEIRA.	51
FIGURA 15 - PERFIL ABERTO NO SOLO PARA COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO NAS PROFUNDIDADES DE 0 a 20 E 20 a 40 cm.	52
FIGURA 16 – GABARITO INSERIDO NA ÁREA DE BOTA FORA PARA COLETA DA BIOMASSA EXISTENTE.	53
FIGURA 17 – AMOSTRA DE SERAPILHEIRA ANTES DE IR PARA A ESTUFA.	54
FIGURA 18 - AMOSTRA DE SOLO ANTES DE SER LEVADA A ESTUFA.....	55
FIGURA 19 – ANALISADOR LECO MODELO C -144.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESTOQUE GLOBAL DE CARBONO NA VEGETAÇÃO E NO SOLO (PROFUNDIDADE DE 100 cm).	25
TABELA 2 - ESTOQUE GLOBAL DE CARBONO NA VEGETAÇÃO E NO SOLO (PROFUNDIDADE DE 100 cm).	66
TABELA 3 - DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO NA SERAPILHEIRA NA FLORESTA NATIVA.....	68
TABELA 4 - umidade gravimétrica e densidade do SOLO para a área de floresta nativa	69
TABELA 5 - ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO no solo NAs PROFUNDIDADES DE 0 - 20 cm E DE 20-40 cm.....	70
TABELA 6 - ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NA BIOMASSA DO BOTA FORA.....	71
TABELA 7 - UMIDADE E DENSIDADE DO SOLO NA ÁREA DE BOTA FORA.....	73
TABELA 8 - ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO no solo NAs PROFUNDIDADES DE 0 - 20 e de 20 -40 cm.....	74

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – ESTOQUE TOTAL DE CARBONO ORGÂNICO NOS COMPARTIMENTOS AVALIADOS PARA AS AREAS DE FLORESTA E BOTA FORA.	77
---	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	JUSTIFICATIVA	15
3.	OBJETIVOS	16
4.	REVISÃO DE LITERATURA	17
4.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	17
4.2	AS FLORESTAS SEU PAPEL NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	23
4.3	CICLO DO CARBONO	27
4.4	O SOLO COMO SUMIDOURO DE CARBONO	30
4.5	A MINERAÇÃO E SEU PAPEL NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	35
5.	MATERIAL E MÉTODOS	40
5.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
5.1.1.	Localização da Área de Estudo	40
5.1.2.	Clima	42
5.1.3.	Geologia Local	43
5.1.4.	Vegetação Local	40
5.1.5.	Pedologia	40
5.1.6.	Estrutura das Áreas e Recomposição Florística do Bota Fora	41
5.1.7.	Área de Floresta Nativa	46
5.2	PROCESSO DE AMOSTRAGEM	47
5.3	MÉTODO DE AMOSTRAGEM	48
5.3.1.	Na Floresta Nativa	48
5.3.2.	No Bota Fora	52
5.4	ANÁLISES LABORATORIAIS	53
5.4.1.	Determinação da Umidade Gravimétrica	53
5.4.2.	Densidade do Solo	56
5.4.3.	Determinação do Teor de Carbono Orgânico	56
5.5	ESTIMATIVA DA ALTURA TOTAL	59
5.6	ESTIMATIVA DA BIOMASSA VEGETAL	60
5.7	DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NA BIOMASSA	61

5.8	DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NA SERAPILHEIRA	61
5.9	DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NO SOLO...	62
5.10	DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE TOTAL DE CARBONO ORGÂNICO	63
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
6.1.	FLORESTA NATIVA	65
6.1.1.	Biomassa e Estoque de Carbono	65
6.1.2.	Serapilheira.....	67
6.1.3.	Solo	68
6.2.	BOTA FORA	71
6.3.	ESTOQUE TOTAL DE CARBONO	75
6.4.	PERDA DE ESTOQUE DE CARBONO E EMISSÃO DE CO ₂	77
7.	CONCLUSÕES	79
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	REFERÊNCIAS	81

1. INTRODUÇÃO

Segundo a classificação internacional adotada pela ONU, define-se mineração como sendo a extração, elaboração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural incluindo a exploração de minas subterrâneas e de superfície (ditas a céu aberto), as pedreiras e os poços, incluindo-se aí todas as atividades complementares para preparar e beneficiar minérios em geral. A mineração tem papel fundamental na economia de um país, sendo ela o “carro chefe” em alguns municípios do País.

A supressão da vegetação tem efeitos devastadores ao ambiente, um dos efeitos que tem tomado maior importância nos debates e nas convenções do clima realizadas em diversos países no mundo, é a emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE's), e as florestas ao serem suprimidas deixam de sequestrar dióxido de carbono e passam a emitir CO₂ para atmosfera através da queima, do corte e do revolvimento das camadas do solo. Sendo este último umas das maiores fontes de emissão dióxido de carbono para a atmosfera.

A mineração tem um papel fundamental neste ciclo de emissão e armazenamento de dióxido de carbono. A atividade minerária afeta o meio ambiente em diversas formas. Atualmente há uma crescente conscientização das empresas que atuam no setor, de se tornarem ambientalmente mais corretas, para gerar assim uma melhor qualidade de vida aos seus funcionários, a sua população vizinha e a comunidade como um todo. Há uma crescente demanda dessas empresas em participar de programas e projetos que quantifiquem e reduzam suas emissões de gases do efeito estufa, para assim ser possível aliar: desenvolvimento e meio ambiente, em uma só esfera, com um objetivo único que seria gerar o menor impacto possível ao meio, evitando e/ou, mitigando assim os efeitos que os gases gerados na atividade dentre eles o gás CO₂ nas mudanças climáticas mundiais.

2. JUSTIFICATIVA

O “setor calcareiro” é o “carro-chefe” do setor mineral paranaense (MINEROPAR, 1999), seja pela sua dimensão e estrutura, ou pela sua organização e volumes produzidos. A atual importância econômica e social da extração e transformação de calcários na Região Metropolitana de Curitiba (RMC) lhe confere uma natureza estratégica regional, sendo esta região a de maior potencialidade mineral. Além de possuir as principais reservas minerais também detém o primeiro lugar na produção. E em razão disso, é a região onde se verificam os conflitos mais relevantes entre as atividades de mineração e as questões ambientais.

Logo, o presente estudo se faz necessário devido à falta de trabalhos na área de mineração no que diz respeito às perdas nos estoques de carbono e as consequentes emissões de dióxido de carbono gerados pela remoção do solo e da vegetação, bem como a sua recuperação via sequestro de carbono nas áreas de bota fora (áreas em recuperação) em uma empresa que atua de produção de calcário na RMC. O estudo justifica-se pela premência em avaliar os impactos da mineração de calcário a céu aberto ao meio ambiente seja pela supressão da vegetação original para avanço das atividades que implicam no revolvimento do solo, bem como pela decorrente emissão de dióxido de carbono (CO_2), que por sua vez traz efeitos no aumento de concentração dos chamados GEEs (gases de efeito estufa), para a atmosfera.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é quantificar os estoques de carbono orgânico em três compartimentos específicos: biomassa, serapilheira e solo, existentes em áreas de mineração em processo de recuperação, em comparação com um remanescente de vegetação nativa existente na área.

Os objetivos específicos foram:

- Quantificar o estoque de carbono na biomassa, serapilheira e na camada superficial do solo em área de floresta nativa ainda não alterada por mineração;
- Quantificar o estoque de carbono na biomassa e na camada superficial do solo em área de bota fora em fase inicial de recuperação;
- Quantificar a perda de estoque carbono na biomassa e camada superficial do solo pela atividade de mineração e a consequente emissão de dióxido de carbono (CO₂) equivalente para a atmosfera.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

“Mudanças climáticas podem ser entendidas como qualquer mudança no clima ao longo dos anos, devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana” (BARCELLOS, MONTEIRO, CORVALÁN *et al.*, 2009). Ceccarelli (2009) complementa citando que tal variabilidade diz respeito a alterações de temperatura, da precipitação, nebulosidade, ventos e demais fenômenos climáticos.

Para a Convenção Quadro das Nações Unidas, aprovada em 1992, o termo “Mudanças Climáticas Globais” é definido como mudança do clima direta ou indiretamente atribuída à atividade humana, resultando na alteração da composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis (FURRIELA, 2002).

Segundo publicação do UNFCCC (2003¹ citado por CORTE, 2005), os principais responsáveis pelo efeito estufa são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆).

A provável causa destas alterações climáticas tem base em dois tipos de processos: naturais ou antropogênicos. Os processos naturais derivam de eventos de origem externa a Terra, como o ciclo solar (radiação e campo magnético), fenômenos de variação orbital e eventos extremos como impactos de meteoritos. Quanto a eventos de origem interna a Terra citam-se as mudanças ou deriva de continentes, aproximando ou afastando-se dos polos (movimento das placas tectônicas), e o vulcanismo, além de causas e eventos de origem terrestre, com destaque para os fenômenos climáticos como “El Nino” e “La Nina”, que alteram as temperaturas dos

¹ UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. Caring for climate: a guide to the climate change convention and the Kyoto Protocol. Bonn, Germany, 2003. 25p.

oceanos. Nos processos antropogênicos considera-se basicamente a influência das atividades humanas nas mudanças do clima, exemplificado pelo aquecimento global devido à maximização do efeito estufa por lançamentos de gases na camada atmosférica, aumentando deste modo a temperatura do sistema (CECCARELLI, 2009).

É importante destacar que desde os primórdios da Terra o clima sempre esteve susceptível a mudanças climáticas, percorrendo longos ou curtos períodos de transformações no ciclo geológico do planeta. Algumas destas mudanças podem ter se iniciado de oscilações climáticas menores, como décadas ou séculos de temperaturas levemente mais altas ou mais baixas ou ainda períodos prolongados de secas (CRETON, 2006).

Segundo Marengo (2006) “ocorre que, atualmente, a atividade industrial está afetando o clima terrestre na sua variação natural, o que sugere que a atividade humana é um fator determinante no aquecimento”. Muitas das escalas temporais que ocorriam tais mudanças climáticas eram diferentes das escalas de tempo atuais, mudanças climáticas globais ocorrem em intervalos de poucas décadas ou menos em alguns casos já registrados (FURRIELA, 2002).

Como se sabe a atmosfera é uma mistura mecânica de partículas sólidas, gases e massas líquidas. Os principais gases formadores desta camada são o nitrogênio (78%) e o oxigênio (21%), mas vários outros gases encontram-se em pequenas quantidades, como o dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e o vapor d'água (H_2O), conhecidos como gases do efeito estufa. Com esta constituição a atmosfera funciona como um filtro à luz solar, deixando transpor apenas ondas curtas, retraindo a saída para o espaço da radiação infravermelha (radiação térmica) através da sua absorção por estes gases, originando o efeito estufa, conforme ilustra FIGURA 1 (BNDES, 1999; PINTO; ASSAD; ZULLO *et al.*, 2009).



FIGURA 1 - PROCESSO DO EFEITO ESTUFA.

FONTE: CECCARELLI, 2009

Tal efeito apresentado é um processo natural do planeta e vital para a vida na Terra, isto porque é a partir deste processo que as condições ideais para sobrevivência e manutenção da vida dos seres humanos são mantidas, através de temperaturas adequadas, considerando que sem este efeito estufa, a temperatura da Terra estaria em torno dos 17 °C negativos (CECCARELLI, 2009; PINTO, ASSAD, ZILLU *et al.*, 2009).

A problemática atual gira em torno da acentuação da concentração destes gases do efeito estufa na atmosfera, devido a atividades antrópicas, principalmente por lançamentos de dióxido de carbono (CO₂). O aumento da concentração destes gases faz com que a absorção da radiação térmica e a eficiência com que a Terra se resfria seja prejudicada (CECCARELLI, 2009).

É importante destacar que análises históricas de primeiros registros sistemáticos de temperatura, que chegam a datar de 1850, já indicavam tendências de aumento da temperatura média do planeta e que grande parte destas evidências se associa ao processo de industrialização (Revolução Industrial) e emissão de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis (VIOLA, 2002). Este fato reflete o impacto de processos sociais, econômicos e culturais, como crescimento da

população, a urbanização, a industrialização, o aumento do consumo de recursos naturais e da demanda sobre ciclos biogeoquímicos (VIOLA, 2002).

A partir da problemática das mudanças climáticas globais, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceram o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) em 1988. O objetivo desta instituição baseia-se segundo Marengo (2006) “em apoiar com trabalhos científicos as avaliações do clima e os cenários de mudanças climáticas para o futuro”. Desta forma, O IPCC avalia informações científicas, técnicas e socioeconômicas importantes para compreender os possíveis riscos atribuídos pela mudança climática na população humana, por meio de um grande número de cientistas das áreas de clima, meteorologia, hidrometeorologia, biologia e ciências afins com a meta de entender tendências mais recentes em termos de mudança climática (MARENGO, 2006).

Como resultado, o IPCC produziu, a partir de três Grupos de Trabalho (GTs), relatórios intitulados “As Bases Científicas” do GT1, “Impactos, Adaptações e Vulnerabilidade” do GT2, e “Mitigação” do GT3.

Segundo Marengo (2006) os principais aspectos destes Grupos de Trabalho baseiam-se em dados importantes sobre a comprovação das mudanças climáticas, todos baseados em modelos matemáticos de simulação por meio de dados registrados em Oceanos, Biosfera e Atmosfera. Sendo eles, o aumento da temperatura, no século XX, em média, de aproximadamente 0,6 °C e previsão de maiores temperaturas médias globais no século XXI entre 2 e 4,5 °C, como resultado da duplicação das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera; incremento da precipitação de 0,2% a 0,3% na região tropical, compreendida entre 10° de latitude Norte e 10° de latitude Sul; confirmação de que a cobertura de neve e gelo tem diminuído aproximadamente 10% desde 1960; acréscimo no aumento do nível do mar em cm; constatação de que emissões de gases do efeito estufa e aerossóis por atividades antrópicas continuam a alterar a atmosfera e o clima; grandes evidências de que as mudanças climáticas nos últimos 50 anos tenham sido desencadeadas por atividades humanas; aumento da temperatura média do mar entre 1,4 a 5,8 °C entre os anos de 1990 e 2100; comprovação de que recentes mudanças climáticas já estão afetando sistemas físicos (clima, recursos hídricos) e biológicos (ecossistemas, saúde

humana, cidades, indústrias) da Terra; incidência de secas ou enchentes; ecossistemas afetados irreversivelmente; afirmação de que mudanças climáticas devem continuar por longos períodos ainda, mesmo se as emissões de gases de efeito estufa fossem totalmente interrompidas e demais considerações.

Esta intensificação do problema das mudanças climáticas se deve ao fato de que, desde períodos iniciais de industrialização, gases do efeito estufa vêm aumentando sua concentração na atmosfera por meios de atividades antropogênicas como a intensificação da atividade agrícola, industrial, de transporte, residências, comércio, geração e abastecimento de energia, contribuindo significativamente nas mudanças climáticas. Destaca-se como principais causas desta problemática a queima de combustíveis fósseis, grande emissor de dióxido de carbono; a destruição de florestas e tipos de vegetação (desmatamentos) que mudam a estrutura, o uso e a ocupação do solo que liberam carbono para atmosfera; a criação de gado e cultivo de arroz que emitem metano, óxido nitroso e outros gases do efeito estufa; o processo de industrialização; queimadas e outros (FURRIELA, 2002; OLIVEIRA, 2010).

Segundo Furriella (2002) “o aquecimento global é um dos maiores paradigmas científicos da atualidade”. A este tema não se atribui apenas discussões nos efeitos ambientais, mas também discussões em bases sociais, econômicas e políticas a nível global, caracterizado por teorias ideológicas para cada país (VIOLA, 2002).

De uma forma geral, o aquecimento global, traz consigo cenários diferentes nas características climáticas do planeta, apresentando eventos mais extremos que o habitual, como secas mais intensas (Amazônia em 2005, região Sul do Brasil em 2004, 2005 e 2006), inundações, ondas de calor (Europa em 2003) e frios mais frequentes e mais intensos (Europa e Ásia em 2006), perda da biodiversidade, alterações de ecossistemas, irreversibilidade em processos de extinção de espécies, elevação dos níveis dos mares, furacões mais frequentes e com maior intensidade (furacões Katrina, Wilma e Rita no Atlântico Norte em 2005, furacão Catarina em março 2004 no Brasil), alterações no clima a nível global, como modificações no fenômeno *El Niño-La Niña*, derretimento das calotas polares, influências em processos físicos, químicos e biológicos, aumento de doenças tropicais (malária, dengue, disenteria), desertificação, tempestade, influência na agricultura e na geração de energia,

migração de zonas climáticas e agrícolas e outros (PINTO; ASSAD; ZILLU *et al.*, 2009; MARENGO, 2006; FURRIELA, 2002; CRETON, 2006).

No Brasil, destaca-se como principais efeitos da mudança climática a extinção de espécies; alteração no regime climático de ecossistemas, onde regiões poderão ficar mais quentes e mais secas, como comprova estudos na região Norte e Nordeste, estando estas propícias a incêndios e impactos na flora e na fauna, solo exposto, erosão, desertificação; alterações em fenômenos como *El Niño* - Oscilação Sul (ENSO); enchentes no Sul e Sudeste; aumento de vazões de rios na região Sul; alteração significativa em ecossistemas como mangue, Pantanal e Hileia Amazônica (BARCELLOS; MONTEIRO, CORVALÁN *et al.*, 2009).

Neste contexto, tratados entre países começaram a tomar forma a partir da criação do IPCC e de seus relatórios publicados. Mas foi a partir da realização de um debate internacional, organizado pelas Nações Unidas, que a temática “mudanças climáticas” se consolidou; a Convenção sobre Mudanças do Clima, lançada na Cúpula da Terra, no Rio de Janeiro em 1992, mais conhecida como Rio 92, foi um marco histórico na quebra de antigos paradigmas e o início de novas formas de pensar a respeito do clima no planeta. Nesta Convenção, implantaram-se dois principais tratados para a contenção das mudanças climáticas, sendo estes a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e o Protocolo de Quioto. Também foi lançada a Agenda 21, documento internacional de recomendações e metas para o desenvolvimento sustentável.

Segundo Ceccarelli (2009), a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas entrou em vigor em 21 de março de 1994, com assinatura de 154 países e a Comunidade Europeia. Este documento não estabelece obrigações diretas e vinculantes de redução de emissões, mas atribui ações como o desenvolvimento, por parte dos países membros, de programas nacionais que amenizem a mudança do clima, que haja compartilhamento de tecnologias para redução de emissões de gases do efeito estufa, que sejam feitas atualizações de inventários de gases nacionais, que se estabeleçam metas de redução de gases do efeito estufa proporcionais aos níveis de industrialização de cada país, entre outras ações.

O Protocolo de Quioto, aprovado em dezembro de 1997 no Japão, estabelece compromissos e metas concretas para os países desenvolvidos quanto à redução das emissões dos gases de efeito estufa. Uma das medidas a serem tomadas pelos países integrantes ao protocolo se baseou na redução em pelo menos 5% dos respectivos gases (seis gases do efeito estufa), comparados aos níveis de 1990, no período de 2008 a 2012. Alguns mecanismos de flexibilização foram instituídos permitindo países atingirem tais metas, como o Mecanismo de Implementação Conjunta entre países industrializados do Anexo 1, Mecanismo de Comércio de Emissões e Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. O Protocolo de Quioto foi aberto para assinatura e entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, comprometendo países desenvolvidos ou em desenvolvimento a redução de suas emissões (FURRIELA, 2002).

Através destes acordos e de resultados de muitos estudos e pesquisas, muitos foram os mecanismos apresentados para retrocesso do processo de aquecimento global, seus efeitos e a problemática das mudanças climáticas. O já citado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), instituído pelo Protocolo de Quioto é uma destas eficientes ferramentas que através de projetos resultam em redução certificada de emissões dos gases do efeito estufa, em comum acordo entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento através do chamado “Mercado de Carbono”. Diversas outras ações também foram propostas e envolvem muitos setores da sociedade, destacando o setor energético, de transporte, doméstico, industrial, público, agropecuário, setor florestal e uso do solo (FURRIELA, 2002).

4.2AS FLORESTAS SEU PAPEL NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As florestas ocupam cerca de 30% da superfície terrestre e como já dito, muitas são suas funcionalidades, mas a principal delas se define pela influência direta nos fatores de ordem climática. A manutenção do clima por meio de processos decorrentes das florestas pode ocorrer pela influência na umidade relativa, por meio

da evapotranspiração, interferindo diretamente no ciclo das chuvas, influência sobre o regime de ventos, circulando massas de ar dentro da floresta, deslocando-a para outros compartimentos, influência direta na temperatura, nos processos de seca, na ocorrência de enchentes, na fixação do carbono e na contribuição para redução dos gases do efeito estufa (AMAZONAS, 2009; CAVALCANTI, 2011).

Conforme Balbinot (2004), as preocupações advindas das mudanças climáticas se intensificaram nas últimas décadas, isto porque as alterações no clima atuam diretamente e significativamente na vida de todos os seres vivos, algumas irreversíveis para muitas espécies. Por isso a importância das florestas, como fixadoras de carbono e agentes capacitadores na redução dos gases que compõem o efeito estufa.

Com sua alta capacidade de estocar por longos prazos quantidades de carbono na vegetação, as florestas contêm cerca de 80% de todo carbono estocado na vegetação terrestre e 40% do carbono presente nos solos. Caso seja feito manejo adequado das florestas, processos de retenção do carbono se darão de modo eficiente, contribuindo diretamente para as questões das mudanças climáticas atuais (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2002). Caso se utilize práticas de manejo incorretas, principalmente por ações antrópicas (desmatamentos, queimadas, uso e modificação do solo), as florestas se tornam grandes contribuintes na emissão de carbono para a atmosfera (RENNER, 2001).

Estudos comprovam através de práticas como o florestamento, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, a eficiência das florestas na retenção de carbono (CO₂) em sua biomassa e a remoção deste composto na atmosfera. Isto ocorre porque as árvores realizam fotossíntese e atuam diretamente como sumidouros de carbono viabilizando práticas florestais em projetos como sequestro de carbono (CAXAMBU, COSTA, 2009; IPAM, 2009).

O processo de sequestro de carbono se define por um instrumento de compensação e de retenção de CO₂ na atmosfera. Surgiu ativamente em 1997, com o Protocolo de Quioto e com MDL, e possibilita países signatários do tratado cumprirem metas de redução dos gases do efeito estufa a partir de atividades

relacionadas com o uso da terra (CAXAMBU, COSTA, 2009). Segundo Chang (2004), existem três formas de classificar o sequestro de carbono florestal:

- a) preservação do estoque de carbono nas florestas já existentes através de ação protetora;
- b) aumento do estoque de carbono florestal por meio de uma ação combinada de práticas de manejo florestal sustentável, regeneração florestal e reflorestamento em áreas degradadas, ou introdução de atividades agroflorestais em áreas de agricultura;
- c) substituição de combustíveis fósseis por produtos de biomassa vegetal sustentáveis.

Segundo Chang (2004), na fotossíntese, a vegetação absorve e estoca cerca de dois terços do carbono terrestre, aproximadamente 106 Mg. No grande ciclo do carbono, existem duas formas para estocagem do carbono, o primeiro estoque de absorção, chamado de "poço" (*sink*) a partir da acumulação do carbono em madeiras e solos por grandes períodos e o segundo estoque de liberação, chamado de "fonte" (*source*), a partir da respiração, decomposição, erosão ou queima. As florestas classificam-se como estoque de absorção, consideradas como "poços" de carbono.

Ressalta-se ainda que os níveis de estoque de carbono variem de acordo com diferentes tipos de floresta dentro de sua biomassa, variando também em diferentes locais dentro da mesma floresta (diferentes tipos de solo) conforme apresentados no QUADRO 01 (RENNER, 2004).

TABELA 1 - ESTOQUE GLOBAL DE CARBONO NA VEGETAÇÃO E NO SOLO (PROFUNDIDADE DE 100 CM).

BIOMA	Área (10 ⁶ km ²)	Estoques de Carbono (Gt de C)		
		Vegetação	Solos	Total
Floresta Tropical	17,6	212	216	428

Floresta Temperada	10,4	59	100	159
Floresta Boreal	13,7	88	471	559
Savanas Tropicais	22,5	66	264	30
Campos Temperados	12,5	9	295	304
Desertos e semidesertos	45,5	8	191	199
Tundra	9,5	6	121	127
Pântanos	3,5	15	225	240
Terras agrícolas	16	3	128	131
Total	151,2	466	2011	2477

FONTE: ADAPTADO DE RENNER (2004).

Na TABELA 1 é possível perceber níveis elevados de estoque do carbono em florestas tropicais, como as existentes no Brasil, isto porque estas são caracterizadas pela alta taxa de produtividade primária. Chang (2004) cita que “é na fase de crescimento que as árvores removem e retêm quantidades significativas de carbono da atmosfera”, quando formadas, as árvores tendem a absorver e reter concentrações menores de carbono, reduzindo a níveis desconsideráveis a fixação do carbono.

Florestas tropicais representam hoje 10^9 ha (25% total de florestas no mundo), destas, a Grande Amazônia representa 550 milhões de hectares (55% de todas as florestas tropicais), e o restante, 45% estão nas florestas da África tropical (bacia do Congo) e do sudoeste asiático. Estima-se para a floresta Amazônica que exista um estoque de aproximadamente $24 \cdot 10^9$ Mg de carbono, equivalente a $160 \cdot 10^9$ de barris de petróleo, isto apenas nas florestas do estado do Amazonas (AMAZONAS, 2009).

Emissões de CO_2 pelas transformações no uso do solo a partir das atividades humanas estão diretamente relacionadas com as principais causas das mudanças climáticas. A exploração e degradação das florestas possibilita que níveis maiores de carbono sejam emitidos a atmosfera a partir de desmatamentos, queimadas, mudanças significativas no solo, ou pelo próprio processo de degradação da matéria morta das florestas derrubadas.

Conforme Renner (2001), “a destruição e a degradação de florestas são em grande parte devidas à expansão das culturas agrícolas e das pastagens”. A demanda

por madeira como uma “commodity” e a garantia de sobrevivência de populações que dependem deste recurso florestal também são alguns dos fatores de exploração do recurso florestal.

Neste contexto, o manejo sustentável de parcelas florestais além de contribuir com a minimização dos efeitos das mudanças climáticas, também garante a manutenção dos recursos naturais, atuando diretamente no regime hídrico, na biodiversidade ecossistêmica, na regulação do clima, na proteção de bacias hidrográficas, na conservação do solo, no equilíbrio da vida dos seres vivos e do planeta Terra como um todo.

4.3 CICLO DO CARBONO

O carbono é o elemento fundamental na constituição das moléculas orgânicas. O carbono utilizado primariamente pelos seres vivos está presente no ambiente, combinado ao oxigênio e formando as moléculas de gás carbônico presentes na atmosfera ou dissolvidas nas águas dos mares, rios e lagos, passando a fazer parte da biomassa através do processo da fotossíntese (CICLO DO CARBONO, 2010).

Segundo Tonello (2007), o carbono é o principal elemento químico constituinte da matéria orgânica, toda estrutura da vida se baseia neste elemento, desde combustíveis fósseis, a moléculas complexas dos seres vivos como o DNA, estando presente em todos os compartimentos ambientais. Na superfície terrestre, por exemplo, o carbono está presente em moléculas produzidas na fotossíntese, nos solos se apresenta como matéria orgânica, na litosfera como combustível fóssil e depósitos em rochas sedimentares, em oceanos como carbonato de cálcio de organismos marinhos e outros elementos, na atmosfera como monóxido de carbono, dióxido de carbono e metano, principalmente. Alguns materiais inorgânicos também contêm carbono, como o grafite e o diamante.

Ressalta a importância do carbono, enfatizando que além de proporcionar estrutura para a vida no planeta, o mesmo influencia na regulação do clima, definindo temperaturas, pluviosidade, velocidade do vento, radiação solar, correntes e massas de ar (ALMEIDA, 2008).

Na natureza, o carbono se distribui em 0,06% na atmosfera, oceanos, plantas e animais; e 99,94% em rochas e sedimentos oceânicos (PACHECO e HELENE, 1990). Na forma de dióxido de carbono (CO_2), o carbono pode transferir-se por processos naturais e antropogênicos entre os compartimentos ambientais (atmosfera, biosfera, litosfera), envolvendo processos como a fotossíntese, a partir de organismos autotróficos (plantas terrestres e plâncton oceânico), pela respiração presente em todos os seres vivos, nos processos de decomposição e processos de dissolução de carbono nos oceanos. Todos estes processos se caracterizam por serem cíclicos na Terra, comumente chamados de ciclo do carbono.

Segundo Tonello (2007), "entender o ciclo do carbono implica considerar processos físicos, químicos, biológicos e geológicos que atuam em escalas de tempo muito diferentes". Todos os processos de um ecossistema dependem de uma série de ciclos e fatores internos e externos, como a água, o nitrogênio, fósforo, carbono, oxigênio, enxofre, o clima, destes o ciclo do carbono é o mais importante para o sustento da vida nas suas mais variadas formas.

Segundo Pacheco e Helene (1990),

"ciclo biogeoquímico do carbono é o nome dado ao conjunto de processos responsáveis por retirar carbono de um determinado reservatório, fazê-lo participar de compostos e reações em outros reservatórios e após algum tempo devolvê-lo ao reservatório de origem."

Todos estes processos físico biogeoquímicos, como apresentado, permutam entre compartimentos ambientais: atmosfera, biosfera (terrestre e marinha) e litosfera. Têm a característica de se renovarem mais lentamente e tem tempos de residência maior, se comparados a demais ciclos, como o da água; é considerado um ciclo misto, por se distribuir em vários compartimentos ambientais e é um dos ciclos mais

influenciados por atividades antrópicas, através principalmente da queima de combustíveis fósseis e queima de florestas (PINTO-COELHO, 2009).

Importante destacar que a velocidade do ciclo do carbono é diferente para cada compartimento ambiental, conforme demonstra a FIGURA 03.

No ciclo principal do carbono, sua composição se baseia em organismos produtores, chamados de autotróficos, organismos consumidores, os heterótrofos, e os decompositores. Em um ciclo secundário e mais lento, participam plantas e animais que ao longo dos anos vão sendo incorporados por processos geológicos na crosta terrestre e transformados em combustíveis fósseis e calcários, ficando estes disponíveis novamente para o ciclo (PACHECO e HELENE, 1990).

Segundo Tonello (2007), o ciclo do carbono é composto por outros diversos ciclos, mas deve-se destaque maior para processos da fotossíntese e da respiração, presente na maioria dos seres vivos que dependem da produção de açúcares a partir da energia solar e de CO_2 (fotossíntese) e da respiração (metabolismo) para produzir energia química, responsável pelo crescimento e reprodução. Estes dois processos são caracterizados como a principal forma de troca de carbono entre a superfície do planeta e a atmosfera.

A fotossíntese é o processo em que plantas absorvem a energia solar e CO_2 da atmosfera, produzindo oxigênio e carboidratos (açúcares), responsáveis pelo crescimento das plantas. A respiração é a decomposição da glicose, liberando a energia usada pelo organismo. Animais e plantas fazem uso de carboidratos na respiração, utilizando a energia contida na glicose emitindo CO_2 , e junto à decomposição orgânica (forma de respiração das bactérias e fungos), devolvem o carbono (depositado nos ecossistemas terrestres e marinhos) para a atmosfera.

Por estes processos, fotossíntese e respiração, o carbono passa pela fase inorgânica, para a fase orgânica e volta novamente para a fase orgânica, fechando o ciclo. São responsáveis pela reciclagem do carbono e do oxigênio em diversas formas químicas nos ecossistemas (PACHECO e HELENE, 1990).

Outro importante processo no ciclo do carbono é a dissolução do dióxido de carbono em águas oceânicas. Os oceanos trocam dióxido de carbono com a

atmosfera e consegue estocar 50 vezes mais do que esta, porém existe capacidade limite para tal estoque. Destaque também para o ciclo que acumula matéria orgânica nas rochas durante milhões de anos, resultando em subprodutos como carvão mineral, petróleo e gás natural, altamente explorados pela ação humana no último século, como combustíveis fósseis. E processos de mudanças no uso e ocupação do solo, resultante também das atividades humanas. Neste compartimento são significativos os níveis de concentração de carbono, e devido a práticas agrícolas, desmatamentos e queimadas emitem grandes quantidades de gases do efeito estufa para a atmosfera, principalmente o dióxido de carbono. A biomassa desmatada emite dióxido de carbono armazenado com o processo de degradação, se queimadas o processo de emissão é extremamente rápido, além de processo de oxidação do húmus caso o solo venha a ser usada para agricultura ou para desenvolvimento urbano (TONELLO, 2007).

4.4 O SOLO COMO SUMIDOURO DE CARBONO

“Os solos constituem-se no maior reservatório de carbono da superfície terrestre com quantidades duas a três vezes superiores à acumulada na biomassa” (LORENZO, 2008).

No que tange as mudanças climáticas, o solo se define como importante compartimento ambiental, sobretudo por ser considerado como fonte ou sumidouro de CO₂. O uso e ocupação deste compartimento influenciam diretamente na emissão ou fixação do carbono atmosférico dependendo do manejo adotado (CARDOSO; SILVA; SILVA et al., 2010). O sequestro de carbono pelos solos é considerado hoje como maior potencial de mitigação dos gases do efeito estufa, em uma estimativa de cerca de 89% de contribuição (IPCC, 2007).

Segundo Lima (2002):

“A estocagem de carbono nos solos é uma função do balanço de carbono, cujas entradas ocorrem na forma de resíduos vegetais ou fertilizantes orgânicos. Por outro lado, as liberações de carbono são decorrentes da mineralização de resíduos vegetais e da matéria orgânica do solo e ocorrem na forma de CO_2 ”.

Lorenzo (2008) acrescenta que a retenção de carbono no solo depende do balanço entre processos que fixam carbono da atmosfera, decorrentes de dois principais processos, o primeiro destaca-se o processo de fixação de CO_2 , através basicamente da fotossíntese por organismos fotossintetizadores e segundo, processos que emitem CO_2 , a partir de processos de decomposição e processos de respiração. O carbono neste reservatório está estocado principalmente nos primeiros metros de profundidade devido ao acúmulo de matéria orgânica das primeiras camadas do solo, onde diferentes tipos de solo e vegetação apresentam-se também diferentes níveis de estoques de carbono (RUGGIERO; FERREIRA; PINTO et al., 2011; MACHADO, 2005).

Mecanismos de sequestro de carbono se dão por processos de fixação de CO_2 atmosférico, sua incorporação nas raízes das plantas e armazenamento nos solos como matéria orgânica (MO), sendo a quantidade de carbono fixado proporcional ao nível de MO no solo (TEIXEIRA, DOMINGOS; CANAVEIRA, et al., 2009). Os três processos responsáveis pelo sequestro de carbono são a humificação, agregação e a sedimentação; para processos responsáveis pelas perdas de carbono no solo destacam-se a erosão, decomposição, volatilização e lixiviação, conforme demonstrado na FIGURA 04 (MACHADO, 2005):

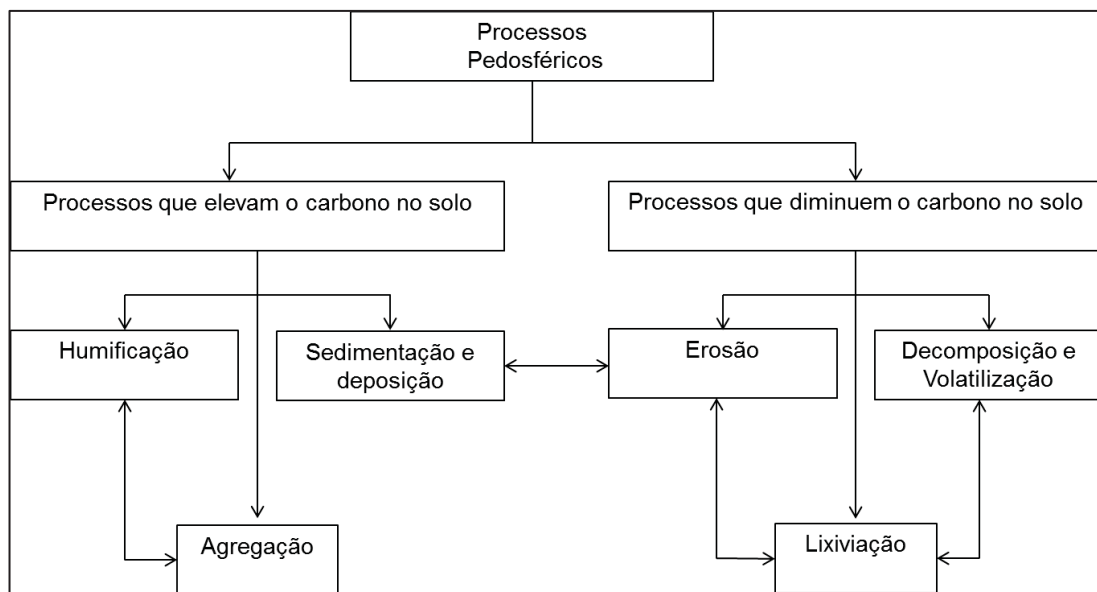


FIGURA 2 - PRINCIPAIS PROCESSOS NO SOLO QUE INFLUENCIAM O CONTEÚDO DE CARBONO NO SOLO.

FONTE: MACHADO (2005) – MODIFICADO PELO AUTOR

Tanto processos de adição de carbono no solo, quanto à qualidade deste carbono a ser depositado dependem basicamente do clima (principalmente da temperatura do ar e as chuvas), o tipo de vegetação, seus respectivos resíduos, processos de decomposição e da fertilidade do solo (solos férteis podem resultar em maior biomassa acumulada), ofertando deste modo, maior carbono a ser depositado no solo (MACHADO, 2005).

Foi a partir do início da Revolução Industrial que os processos de imobilização e mineralização do carbono, foram se desequilibrando, conforme estatísticas do IPCC, pois, desde então, teores significativos de CO₂ vêm sendo emitidos na atmosfera, principalmente pela queima de combustíveis fósseis e pelo uso e ocupação do solo sem manejo adequado (PEIXOTO, 2008). Atualmente, estima-se que cerca de 80% do estoque terrestre de carbono estão nos solos, mas cerca de 12 a 42% do total de emissões de carbono provém de alterações deste mesmo uso com práticas de manejo incorretas (Watson et al., 2000).

Segundo Rangel (2006):

“práticas de uso e manejo exercem grande influência sobre os estoques e as frações da matéria orgânica do solo, uma vez que a cobertura

vegetal e o revolvimento modificam as adições e perdas de carbono. Essa dinâmica vem recebendo atenção devido ao potencial de solos agrícolas em atuarem não apenas como fonte, mas também como sumidouros de CO₂ atmosférico. Além disso, o carbono orgânico presente no solo é um atributo importante para detectar alterações na qualidade do solo por demonstrar alta sensibilidade às perturbações causadas pelos sistemas de manejo”.

Muitas são as alternativas quando se optam por práticas de manejo adequadas referente ao uso do solo, capazes de fixar carbono da atmosfera e contribuir significativamente com a redução dos gases do efeito estufa. As chamadas práticas conservacionistas de uso do solo exercem grande influência sobre os estoques de carbono e a matéria orgânica do solo, sendo a cobertura vegetal e o revolvimento deste, caracterizadas como práticas modificadoras contribuindo tanto na adição quando nas perdas de carbono para a atmosfera (RUGGIERO; FERREIRA; PINTO et al., 2011). Práticas como estas foram aprovadas em um consenso internacional, durante uma reunião do IPCC, possibilitando projetos serem desenvolvidos como Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL, utilizando de técnicas para mitigação dos níveis de CO₂ na atmosfera.

Segundo (MACHADO, 2005):

“a ideia contida no consenso foi que promovendo a adoção de práticas agrícolas com conservação do solo seria possível não apenas aumentar a produtividade agrícola como também transformar os solos agrícolas em drenos ou sumidouros de CO₂ atmosférico”.

Uma das práticas agrícolas conservacionistas mais conhecidas é o sistema de cultivo mínimo florestal (SCMF), proporcionando resultados compensatórios na produção de alimentos, agindo no solo com baixo impacto ambiental, especialmente quanto à erosão e fixação de carbono no solo, isto porque ao contrário do plantio convencional (SPC), o SCMF permite aumentar a quantidade de carbono no solo pela adição de resíduos de culturas na superfície do solo, resultando em húmus. Este sistema não faz uso de arações e gradagens, evitando deste modo, o revolvimento do solo, permitindo que o mesmo se decomponha gradualmente através de reações químicas pela ação de micro-organismos, transformando o carbono presente na atmosfera (CO₂) em carbono estocado no solo, compondo a matéria orgânica do solo,

além de diminuir em cerca de 60% as emissões de CO₂, provindos da queima de combustíveis fósseis pelos maquinários (MACHADO, 2005; HOLTZ; MOTA, 2004).

Lima (2002) acrescenta que o SCMF também reduz consideravelmente o consumo de energia direta, aqui representadas pelos combustíveis fósseis e também de energia contida em insumos e equipamentos. Com isto, as práticas agrícolas passam a ser consideradas não apenas como uma fonte considerável de emissão dos gases do efeito estufa e causas de grande parte dos desmatamentos, mas sim um aliado na conservação ambiental e manutenção do equilíbrio da vida na Terra (HOLTZ; MOTA, 2004).

A matéria orgânica do solo (MOS) engloba resíduos de plantas, animais e microrganismos em diversos estádios de decomposição, em íntima associação com os minerais do solo (BALBINOT, 2003). O estoque de MOS depende da intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais e de decomposição destes compostos orgânicos sendo vários os fatores biológicos, químicos e físicos que conferem às frações orgânicas proteção ao ataque de microrganismos.

Em solos sob vegetação natural, a preservação da matéria orgânica tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo o aporte de carbono nas florestas mais elevado do que em áreas cultivadas (LATHWELL e BOULDIN, 1981; NOBRE e GASH, 1997).

Os níveis crescentes de concentração do CO₂ atmosférico têm aumentado à importância do conhecimento dos estoques de carbono nos principais compartimentos terrestres, principalmente da biosfera (solo e biomassa viva e morta), em função do potencial destes compartimentos na emissão de gases de efeito estufa. Dentre esses compartimentos terrestres, destaca-se o papel dos solos no ciclo de carbono, principal local onde este elemento se encontra estocado nos ecossistemas terrestres (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006).

4.5A MINERAÇÃO E SEU PAPEL NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Segundo Wagner *et al.*(2002) citado por Farias, (2002), o setor mineral, em 2000, representou 8,5% do PIB, ou seja, US\$ 50,5 bilhões de dólares geraram 500.000 empregos diretos e um saldo na balança comercial de US\$ 7,7 bilhões de dólares.

O perfil do setor mineral brasileiro é composto por 95% de pequenas e médias minerações. A partir de dados obtidos nas concessões de lavras, estas demonstram que as minas no Brasil estão distribuídas regionalmente com 4% no norte, 8% no centro-oeste, 13% no nordeste, 21% no sul e 54% no sudeste.

Segundo Faria (2000) a capacidade empresarial produtiva e empreendedora visa, quase que exclusivamente, a otimização dos lucros com o investimento nas atividades fins de suas empresas, em detrimento quase absoluto da questão ambiental, muitas das vezes pela não priorização dos recursos para projetos visando à defesa de um meio ambiente sadio. Um programa de sustentabilidade corporativa tem início com a definição, por parte da alta administração da empresa, de uma política de sustentabilidade ancorada em compromissos e valores que devem ser praticados pela organização. A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável (FARIAS, 2002).

Segundo Almeida e Sánchez (2005), no Brasil, a partir de 1989 todas as empresas de mineração são obrigadas a apresentar ao órgão ambiental um PRAD, documento este que como já citado anteriormente, preconiza a adoção de procedimentos para estabelecer ou restabelecer a cobertura vegetal nas áreas degradadas, prática conhecida como revegetação. No entanto, na implementação das

medidas propostas nos PRADs é frequente a ocorrência de dificuldades relativas ao manejo do solo e das plantas, que chegam a comprometer o sucesso da revegetação. Embora a exigência legal de recuperar áreas degradadas pela mineração já vigore há vários anos subsistem dificuldades de ordem técnica, gerencial e econômica para levar a cabo adequadamente as tarefas de recuperação.

Segundo Engel *et al.*(2002) definem que “a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico for alterado”. A degradação ambiental “ocorre quando a perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas do solo e é inviabilizado seu desenvolvimento socioeconômico”.

Em áreas degradadas o perfeito entendimento da forma como ocorre à sucessão ecológica é ferramenta essencial para a recuperação destas áreas. A grande plasticidade apresentada pelas espécies dificulta a determinação dos critérios de classificação. Em todo o estado do Paraná tem se utilizado a bracatinga (*Mimosa scrabella*), como uma espécie de alto potencial na recomposição de ecossistemas que foram descaracterizados por ações antrópicas ao longo dos anos. Uma tentativa de minimizar o efeito já causado pela retirada da vegetação natural ali existente (LIMA *et al.*, 2005).

As atividades produtivas são necessárias ao desenvolvimento econômico e social gerando impactos positivos e negativos ao meio ambiente e a sociedade como um todo. A mineração, como não podia deixar de ser, tornou-se um dos setores básicos da economia nacional e a harmonização entre o empreendimento e o meio em que se insere é de fundamental importância para seu desenvolvimento.

Segundo RONDINO (2005), a recuperação e reabilitação das áreas mineradas tornam-se obrigatoriedade legal somente advento da Constituição Brasileira de 05 de outubro de 1988. O artigo 225 da constituição em seu parágrafo 2º estabelece que: “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente na forma da lei” (BRASIL, 1988). Para regulamentação da Carta Magna, o Decreto nº 97.632 estabelece que os empreendimentos minerários já instalados devam

apresentar os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para continuidade de suas atividades (BRASIL, 1989). Estes projetos devem apresentar a definição do uso futuro do solo para as áreas exploradas.

As minerações a céu aberto fora do Brasil, notadamente nos Estados Unidos, Canadá e África do Sul, tiveram um desenvolvimento, de modo geral, mais harmônico por terem tido muitas delas uma decisão arrojada, desde sua implantação, de utilizar equipamentos mais adequados em menor número e de maior porte. No Brasil, sempre houve limitação nas decisões para equipar as minas desde o seu início, tendo em vista os elevados investimentos necessários para se adquirir os equipamentos mais adequados e a pouca capacidade de se levantar os empréstimos externos a juros mais baixos. Quase todas as minas foram sendo modernizadas com o tempo, convivendo-se por longos períodos com os equipamentos existentes, muitas vezes inadequados para a nova escala de lavra estabelecida. Com raríssimas exceções foram introduzidos equipamentos de última geração nas minas brasileiras, sem que antes tenham sido testados em minas no exterior (GERMANNI, 2000).

A sustentabilidade corporativa é uma visão de negócios de longo prazo que incorpora as dimensões socioambientais à estratégia e aos objetivos econômicos da quais quer empresas, seus, aspectos ambientais devem estar focados na adoção de diretrizes de projeto e em tecnologias que preservem os recursos naturais e minimizem os impactos ambientais que tenham relação com terreno, solo, flora e fauna, biodiversidade, ar, água, energia, emissões, resíduos e materiais reciclados (SOUZA, 2008).

Segundo Almeida e Sánchez (2005) o acompanhamento, a fiscalização e a avaliação dos resultados da implantação de medidas de recuperação ambiental em minerações são raramente implementados de modo sistemático. As razões para a pouca importância atribuída à etapa de acompanhamento dos projetos são múltiplas (DUTRA, *et al.*, 2001). Uma delas é a dificuldade de se estabelecerem parâmetros ou critérios para avaliação do desempenho das empresas ao executarem a recuperação de áreas degradadas.

O sucesso de um programa de revegetação pode ser avaliado segundo diferentes pontos de vista. O aspecto geral da vegetação, o porte dos indivíduos

arbóreos, a diversidade do sub-bosque entre outros podem ser critérios de fácil julgamento aos olhos do especialista ou do profissional experiente, mas são pouco úteis para fins de gestão ambiental (RUIVO, 1998).

Há inúmeros parâmetros que podem ser utilizados como indicadores, mas o grande desafio é desenvolver ou adaptar critérios válidos para monitorar e avaliar a funcionalidade da área, bem como discriminar os indicadores que forneçam as informações desejadas com exatidão e a custos aceitáveis. Há que se buscar também outros indicadores específicos para cada situação e cada ambiente a ser recuperado, sendo improvável que se possam desenvolver apenas indicadores de uso universal (RODRIGUES e GANDOLFI, 2001).

A exploração mineral gera a perda da vegetação, dos meios de regeneração bióticos (banco de sementes, plântulas, rebrota) e da camada superficial do solo rica em matéria orgânica, além dos horizontes mais profundos, proporcionando alterações nas propriedades edáficas, sinalizando, desta maneira, para uma redução da capacidade produtiva do ecossistema (FRANCO et al., 1992; RUIVO, 1998).

Segundo Franchi *et al.*(2003) o “*topsoil*” retirado quando do decapeamento da área a ser lavrada nem sempre é armazenado e preservado prevendo reutilização, principalmente se longo intervalo de tempo decorre entre a retirada e retorno. Mesmo nos casos em que tenha sido estocado, comprometem-se suas características de fertilidade, principalmente em função da perda de seu conteúdo original em matéria orgânica. Franco *et al.*(1994) afirmam que o substrato de áreas mineradas são normalmente acidificados e com baixa disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica.

Segundo Moreira (2004), o primeiro passo a ser estabelecido em um programa de recuperação de áreas de exploração mineral é determinar qual o uso que terá o solo depois da mineração e das ações de recuperação. Tal uso deve ser compatível com a utilização anterior praticada pela comunidade local, sustentar diversas espécies, além de receber a aprovação dos proprietários e dos organismos públicos competentes.

Na maioria das vezes, o solo das áreas degradadas apresenta níveis baixos de nutrientes e com características físico químicas diferentes, quando comparados aos

solos originais. Neste sentido, o êxito na recuperação de espaços degradados depende do manejo adequado para o uso do solo, bem como da elaboração de planejamento para a recuperação da paisagem, de lições da experimentação, da sensibilidade pública em relação ao meio ambiente, de uma condição política e social propícia e da conscientização das necessidades locais (GARDNER, 2001).

No processo de recuperação, a determinação dos requerimentos nutricionais, biológicos, físicos do solo e um contexto multidisciplinar do manejo da área a ser recuperada constituem etapas importantes para se obter o sucesso esperado (MOREIRA, 2004).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1.1. *Localização da Área de Estudo*

A área de estudo se localiza nas dependências da mineradora Rio Pó, que realiza a extração de calcário dolomítico (popularmente conhecido como calcário), a área situa-se no norte da Região Metropolitana de Curitiba, no município de Rio Branco do Sul, estado do Paraná.

O acesso a partir de Curitiba é feito através da rodovia asfaltada PR-092 (Rodovia dos Minérios), num percurso de 22 km, e posteriormente por estrada não asfaltada, à direita, com boas condições de tráfego durante o ano todo, percorre-se mais 4 km até a rotatória, tomando-se a primeira saída do mesmo, percorre-se mais 2 km até chegar a entrada da empresa Mineração Rio Pó Ltda. à esquerda, adentra-se na área da empresa e segue por mais 1 km, adentrando-se a área de estudo pela sua porção sul .

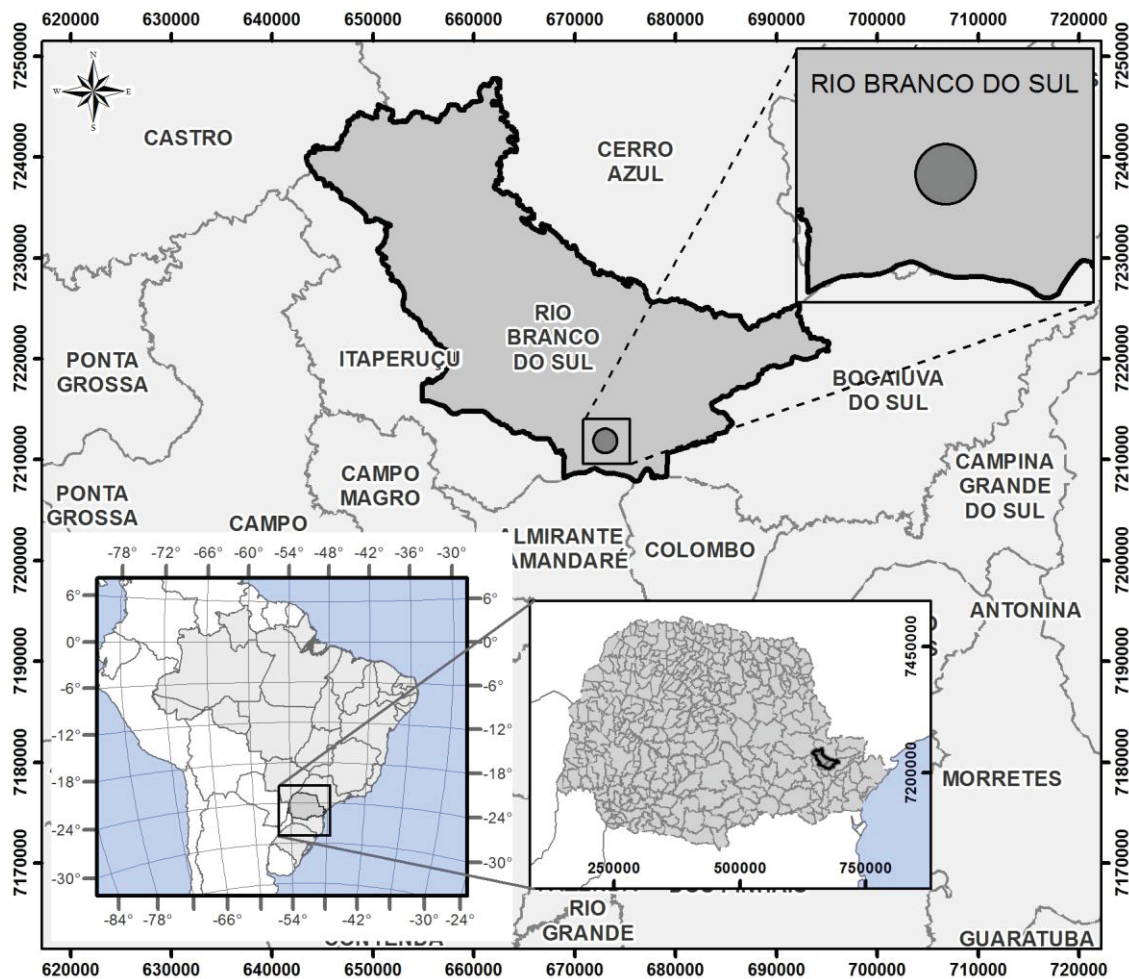


FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

FONTE: AUTORA (2011).

Na FIGURA 4 pode ser observada a frente de extração de minério da empresa Rio Pó.



FIGURA 4 – FRENTE DE EXTRAÇÃO DA MINERADORA MINERAÇÃO RIO PÓ LTDA.

A área de estudo se divide em: floresta nativa e bota fora (áreas em recuperação). A área de floresta nativa apresenta-se antropizada, sendo um remanescente da vegetação original que compunha as áreas de extração e bota fora da empresa.

O bota fora se subdivide em duas idades distintas, uma de 8 anos (BF8) e o outro bota fora de 4 anos (BF4), estes formados através de resíduos e solo advindos da atividade de extração de calcário. A vegetação que recobre o bota fora é basicamente limitada a uma única espécie de gramínea, uma variedade do capim Napier, este utilizado para minimização do impacto visual da área bem como realizar o trabalho de reestruturação do solo em processo de recuperação. Nos tópicos a seguir este aspecto será melhor detalhado.

5.1.2. *Clima*

Segundo a classificação bioclimática do IAPAR - 2000 – Instituto Agronômico do Paraná - o município de Rio Branco do Sul pertence à Região Bioclimática I, e segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante é Cfb, isto é temperado úmido com chuvas durante todo o ano verão fresco. A precipitação situa-se entre 1.400 e 1.500 mm por ano e, apesar de não haver uma estação seca bem definida, observa-se uma redução das chuvas entre maio e agosto (CAVIGLIONE et al., 2000).

5.1.3. Geologia Local

O calcário dolomítico (calcário) constitui o principal recurso mineral presente na área da Folha Curitiba, extensivamente lavrado nas regiões de Rio Branco do Sul, Itaperuçu, Almirante Tamandaré, Colombo e Bocaiúva do Sul. Sendo cadastradas 166 ocorrências de lavra desta substância, as quais, praticamente na totalidade, constituem lavras de pequeno porte, na maioria dos casos com atividade semimecanizada (MINEROPAR 1999).

O principal emprego dessa substância destina-se ao uso como corretivo da acidez do solo, e secundariamente como: cal, granilha, *filler*, ração animal, *petit pavet*, brita e fundente.

Na área de estudo ocorre predominantemente o calcário dolomito, que é o minério lavrado pela Mineração Rio Pó Ltda. Secundariamente ocorrem camadas lenticulares de quartzitos, de granulometria fina até grosseira e associação de filitos. Esta associação estratigraficamente pertence ao Conjunto Litológico Rio Branco da Formação Capirú / Grupo Açungui, de idade proterozóica média a superior. Estão estruturadas segundo o padrão regional, aproximadamente N40° E, com mergulhos variando entre 60 - 80° para NW (DAVID e PACHECO, 2002).

5.1.4. *Vegetação Local*

A vegetação natural existente na área de estudo e em seu entorno imediato apresenta-se descaracterizada com relação à cobertura original. As áreas remanescentes guardam algumas das características fitossociológicas das formações florestais originais.

Para a classificação fitogeográfica regional foram utilizadas as terminologias padronizadas no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 1991). A classificação leva em conta aspectos fitossociológicos e fitoecológicos, e é adaptada à nomenclatura internacional.

Segundo a classificação constante no IBGE (1991) e de acordo com a resolução Conama 02/94 a vegetação do local é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana Alterada em Estágio Inicial de Regeneração.

5.1.5. *Pedologia*

Segundo Maack (1947), na região do Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba ocorrem duas porções distintas quanto aos aspectos morfológicos: a Região Meridional de Curitiba e a Região Setentrional. Na Região Meridional, também denominada de Região de Curitiba, prevalecem relevos ondulados, esculpidos em domínios de rochas metamórficas proterozóicas, em pisos altitudinais que variam entre 850 e 950 m.

De acordo com EMBRAPA (2008) FIGURA 5, a área de estudo apresenta ocorrência das seguintes unidades de mapeamento de solos:

- Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, álico, fase relevo forte ondulado + NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico, fase relevo montanhoso, ambos textura argilosa, A moderado, fase campo subtropical, substrato filitos (CXbd21).
- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/argilosa, A chernozêmico, fase floresta subtropical perenifólia, relevo forte ondulado e montanhoso (PVAe1).

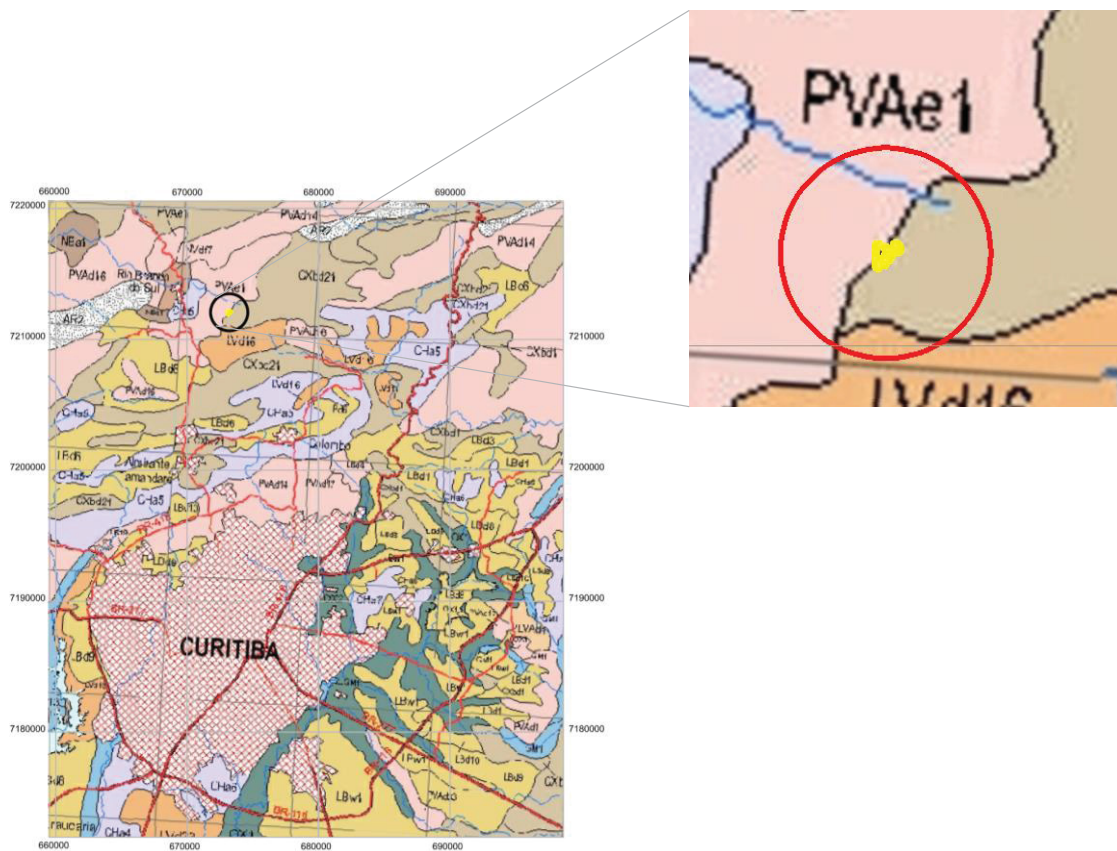


FIGURA 5 - RECORTE DO MAPA DE SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ (CÍRCULO EM VERMELHO É A ÁREA DE ESTUDO).

FONTE: ADAPTADO DE EMBRAPA (2008)

5.1.6. Estrutura das Áreas e Recomposição Florística do Bota Fora

Na mineração, designa-se bota-fora o material que está sendo remobilizado para se ter acesso ao minério (DAVID e PACHECO, 2002). Como existe a grande possibilidade deste material conter substâncias químicas (minerais ou resíduos de tratamento), o descarte deste material necessita ser considerado com muita cautela e, análises específicas de caracterização são necessárias, tanto do rejeito como do local onde será depositado.

Nos botas foras aqui em análise, são compostos basicamente por solo (formado por diferentes horizontes) oriundo do decapeamento, resíduos de calcário dolomítico e de basalto advindos das frentes de extração. Na FIGURA 6 pode ser observada a presença de solo, calcário e basalto, para a composição do bota fora.



FIGURA 6 - APARÊNCIA DO REJEITO QUE COMPÕE O BOTA FORA DA EMPRESA RIO PÓ (RIO BRANCO DO SUL – PR).

O projeto dos bota-foras da empresa é embasado nas Normas Reguladoras da Mineração (BRASIL 2002), referente à disposição de estéril, rejeitos e produtos. O modo construtivo do bota-fora segue o modelo de evolução em fases ascendentes e sobrepostas (FIGURA 7). Este modelo favorece uma grande estabilidade, pois acontece uma maior compactação das fases pelo movimento das máquinas e caminhões.

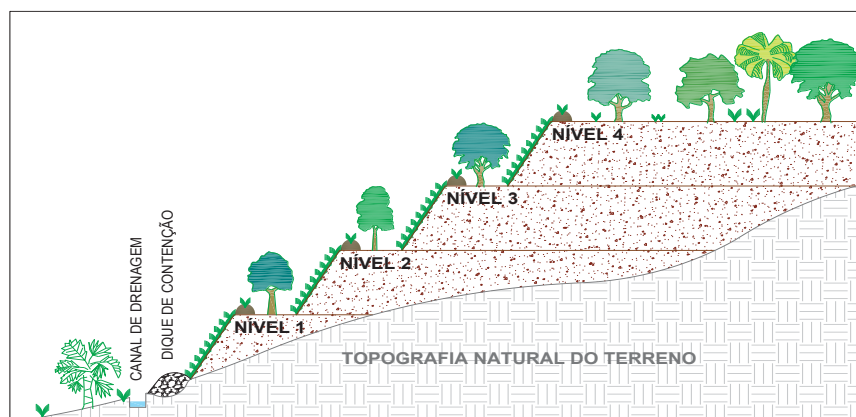


FIGURA 7 - MODELO DE EVOLUÇÃO DO BOTA-FORA EM NÍVEIS ASCENDENTES E O PROCESSO DE RECUPERAÇÃO ATRAVÉS DE REVEGETAÇÃO.

FONTE: AUTOR (2011).

Ao término da evolução de uma fase, é realizado no talude o plantio de gramíneas (*Pennisetum purpureum* - capim napier) de crescimento rápido, as quais com suas raízes promovem uma reestruturação do resíduo depositado e as folhas reduzem o impacto de precipitações pluviais evitando o início de processos erosivos. Deste modo ainda é reduzido o impacto visual causado pela atividade da mineração.

Após o desenvolvimento desta vegetação inicial, é realizado o plantio de espécies arbóreas nativas. Na área em estudo foram introduzidas mudas e sementes de aroeira e bracatinga de maneira aleatória, porém o desenvolvimento das mesmas na área ainda não é perceptível.

Durante a evolução do bota-fora, são tomados cuidados especiais em relação à sua drenagem pluvial, que deverá ser captada em sua superfície e direcionada para o sentido inverso da sua evolução, para tanques de decantação. Deve-se evitar sempre, o direcionamento da drenagem superficial para os taludes.

O trabalho de revegetação de um bota fora se inicia após um talude ter sido definido com paralisado, ou seja, quando não é mais viável a deposição de rejeito no mesmo, e assim é formado um novo nível de talude a uma cota acima da anterior. Após o talude ser desativado é necessário que seja incorporada uma camada de horizonte A de solo (solo fértil), para desenvolvimento das mudas de capim napier (conhecido como capim elefante), para posteriormente ser possível a introdução de

outros grupos ecológicos na área, pois a função primordial deste é a estabilização de solo, devido ao seu sistema de raízes fasciculadas ou cabeleira, que melhora a estrutura do solo, evitando-se assim o desmoronamento dessas áreas.

Neste estudo foram utilizados amostras de 2 bota foras específicos: um de oito anos de idade (BF8), e um segundo com quatro anos de idade (BF4), ambos já finalizados e constituídos de mesmo tipo de rejeito e revegetados da mesma maneira. Porém nos bota foras mais antigos da empresa como por exemplo o bota fora com 8 anos (BF8), a deposição do rejeito e do solo, não era realizado de forma adequada, podendo ter algumas situações em que a camada de horizonte A que deveria ser a ultima camada inserida, pode se encontrar entre o rejeito depositado, não sendo assim disponibilizado aos vegetais os minerais e o substrato o qual precisavam para se desenvolver satisfatoriamente, desfavorecendo também a inserção nestas área de outros grupos ecológicos.

Nas FIGURA 8 e FIGURA 9, pode-se observar a composição atual do bota-fora, com a presença do capim napier, como espécie predominante. Na FIGURA 8 pode-se observar a presença de algumas nativas iniciais presentes na área de estudo, estas introduzidas de forma natural na área, porém atualmente estão sendo inseridas mudas de aroeira e bracatinga a fim de aumentar a diversidade florística da mesma.



FIGURA 8 - BOTA FORA EXISTENTE NA ÁREA DE ESTUDO, COM O CAPIM-NAPIER E ALGUMAS ESPÉCIES PIONEIRAS.



FIGURA 9 - BOTA FORA EXISTENTE NA ÁREA DE ESTUDO, COM O CAPIM-NAPIER COMO ESPÉCIE PREDOMINANTE.

5.1.7. Área de Floresta Nativa

A vegetação nativa analisada apresenta uma média da amplitude do diâmetro à altura do peito (DAP) 40 cm, com altura média de seus indivíduos de 10,7 m, as espécies mais comuns, indicadoras do estágio avançado de regeneração encontradas foram: imbuia (*Ocotea porosa*), canafístula (*Peltophorum dubium*), ipê (*Tabebuia alba*) e angico (*Parapiptadenia rigida*).

Na FIGURA 10 é possível ter uma visão da estrutura florística existente na parcela inserida na área de floresta.

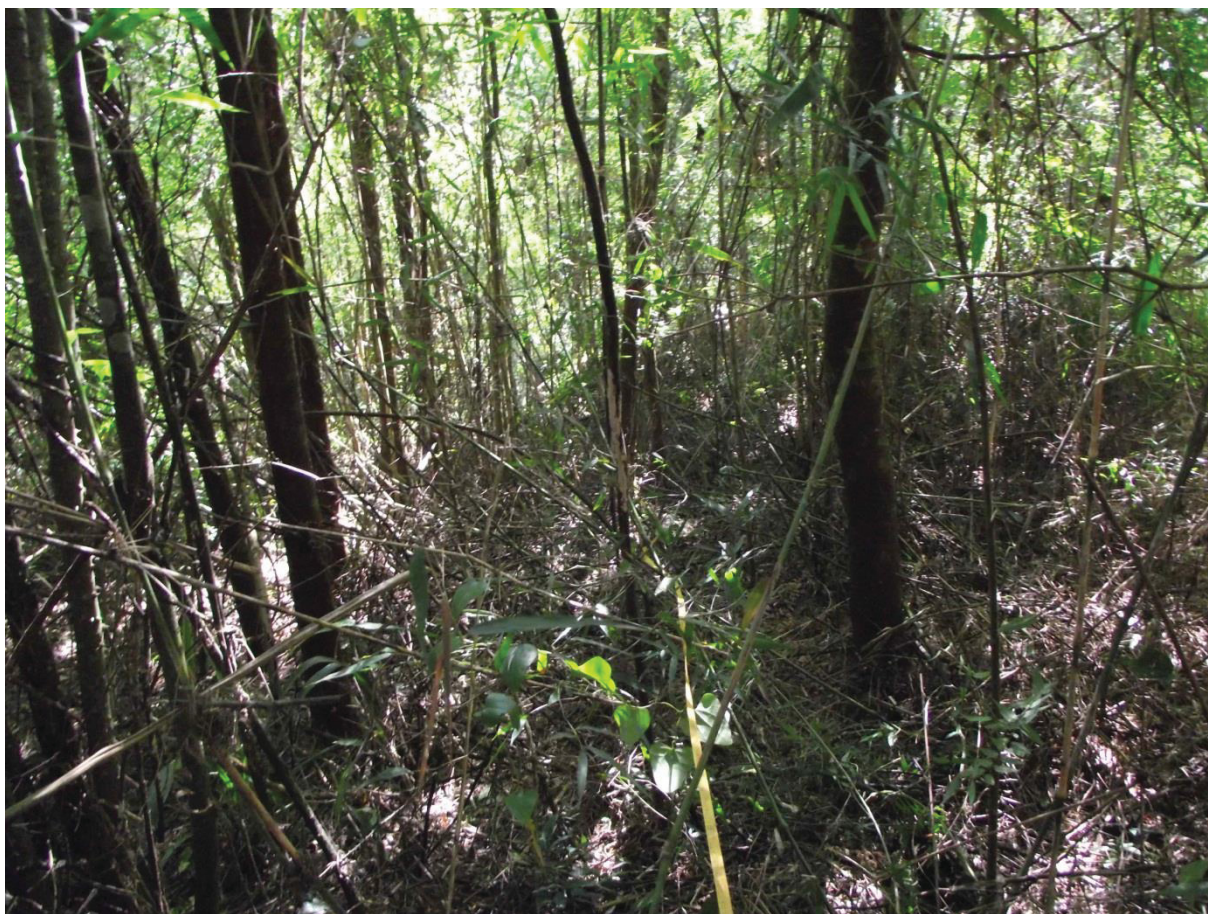


FIGURA 10 - VEGETAÇÃO EXISTENTE NA ÁREA DE FLORESTA NATIVA.

5.2 PROCESSO DE AMOSTRAGEM

Para determinação e localização das parcelas em campo foram utilizados: o software AutoCad 2010, levantamento planialtimétrico, e uma imagem do satélite (GeoEye) georeferenciada do Google Earth Plus, datada de maio de 2009. Após esta etapa de organização dos dados existentes da área aqui em estudo, foi possível distribuir na mesma parcelas/amostras de forma aleatória, para posterior sorteio das amostras que compõem este trabalho, sendo que todas as amostras foram sorteadas aleatoriamente sem reposição.

A distribuição das amostras foi feita da seguinte forma: na floresta nativa foram lançadas 40 amostras e destas foram selecionadas aleatoriamente por sorteio 7 amostras. Nas áreas de bota fora foram lançadas 10 amostras e destas foram sorteadas 7 amostras, sendo 4 amostras no bota fora com 8 anos (BF8) e 3 amostras no bota fora com 4 anos (BF4), seguindo o mesmo processo utilizado para a floresta nativa. Na FIGURA 16 observar-se o mapa da área, com curvas de nível equidistantes de 1 em 1 m. Na FIGURA 11 aparecem em círculos amarelos as amostras lançadas para sorteio e em vermelho as sorteadas.

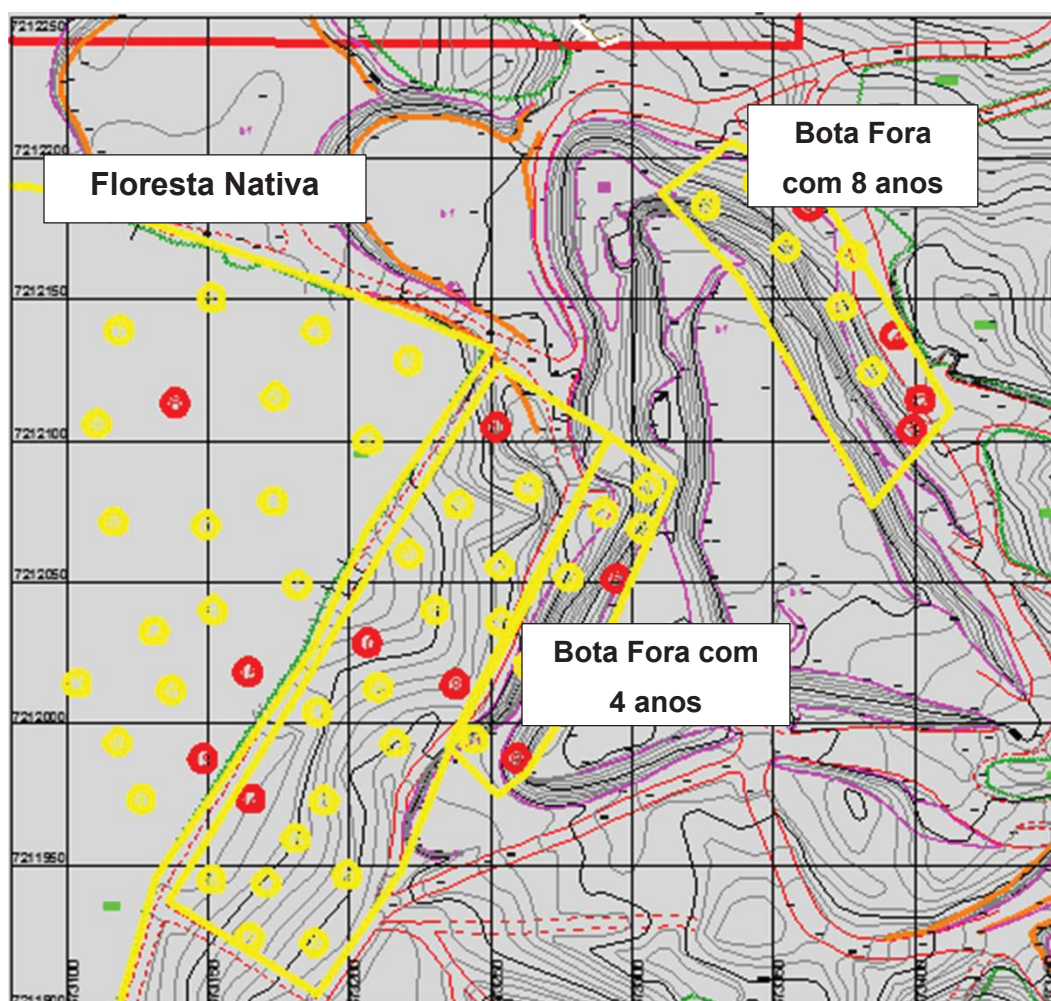


FIGURA 11 - DISPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS PARA SORTEIO (AMARELO) E AMOSTRAS SORTEADAS (VERMELHO).

FONTE: O AUTOR (2011).

5.3 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

5.3.1. Na Floresta Nativa

Para a obtenção dos dados de biomassa na vegetação nativa foi realizado o inventário florestal de todas as espécies com DAP superior a 10 cm de diâmetro. A forma da parcela escolhida para este trabalho foi a retangular de 20 x 15 m, totalizando 300 m² para cada parcela amostrada (FIGURA 12). Dentro de cada parcela foi realizada uma sub parcela de 1 m² para coleta da serapilheira existente nesta área, bem como do solo nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

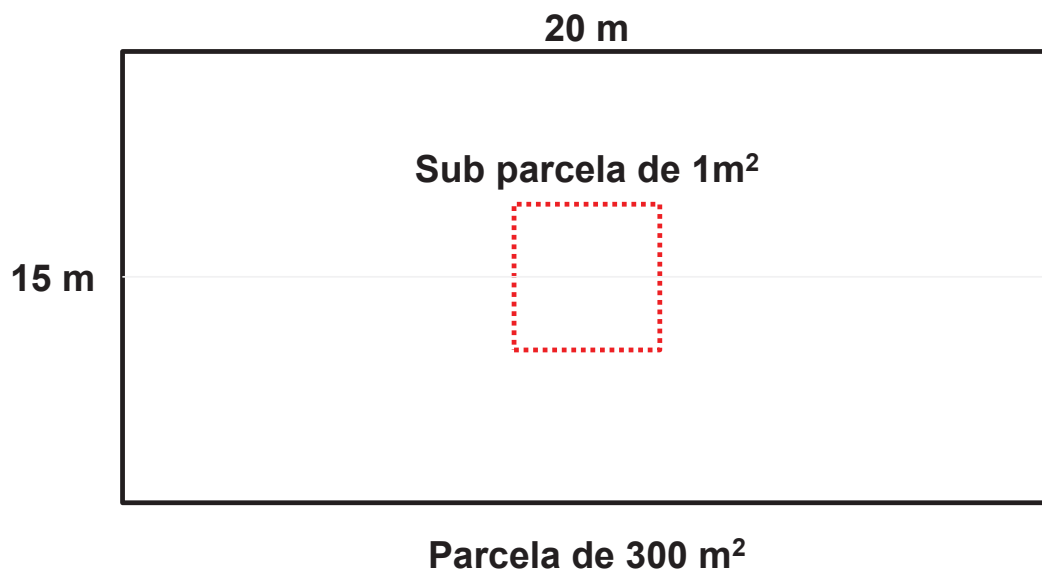


FIGURA 12 - DEMONSTRAÇÃO DA PARCELA DE 300 M² E DA SUB PARCELA DE 1 M².

FONTE :AUTOR (2011).

Na FIGURA 13 tem-se uma visão da área de floresta nativa que compõem o estudo.



FIGURA 13 – VISÃO DA ÁREA DE FLORESTA NATIVA AVALIADA.

No anexo 1 pode ser observada a ficha de campo utilizada para a coleta dos dados de cada parcela. Foi utilizado um aparelho receptor de GPS de navegação (modelo GARMIM ETREX), e mapas da área para a localização das parcelas sorteadas.

Na FIGURA 14, pode-se observar o gabarito utilizado para coleta da serapilheira, bem como a delimitação da área de coleta de solo.

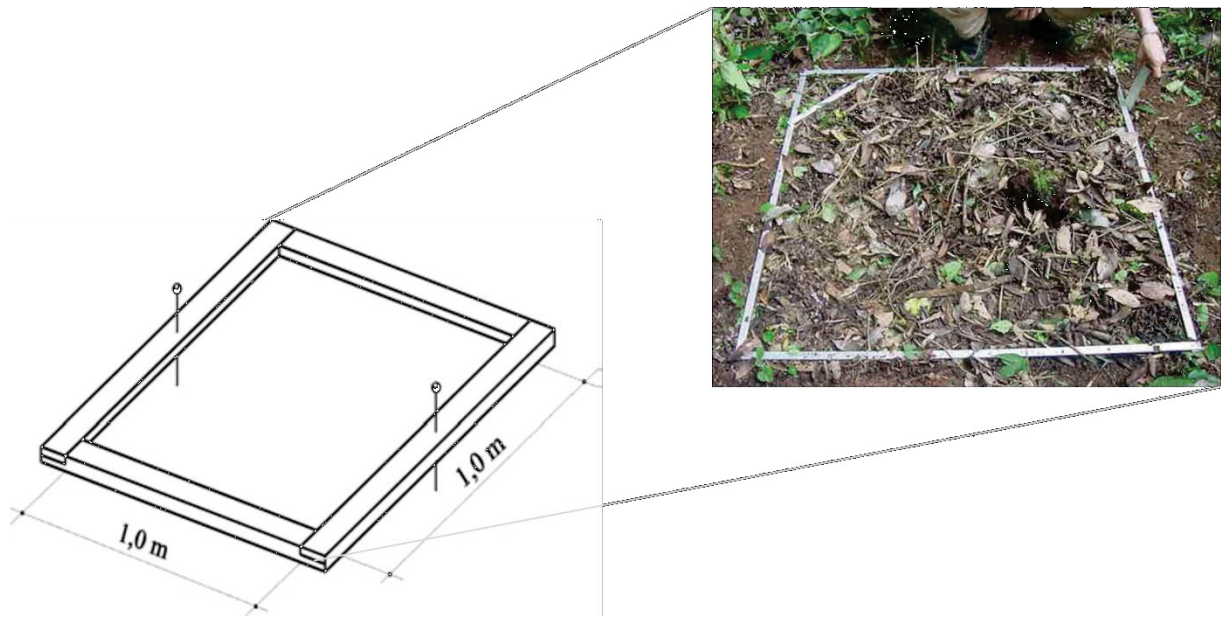


FIGURA 14 - GABARITO UTILIZADO PARA COLETA DA SERAPILHEIRA.

FONTE: MELO (2005) – MODIFICADO PELA AUTORA (2011).

Para a coleta de amostras indeformadas de solo foram utilizadas anéis volumétricos de alumínio (FIGURA 15), que possuíam altura de 3 cm e diâmetro de 5,5 cm. Após a abertura da trincheira no solo, era inserido uma régua para medição das profundidades citadas, para a inserção do anel para coleta do solo. Após a retirada do anel já com o solo o mesmo era armazenado em potes com tampa e identificado como o nome da parcela e da profundidade amostrada.



FIGURA 15 - PERFIL ABERTO NO SOLO PARA COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO NAS PROFUNDIDADES DE 0 A 20 E 20 A 40 CM.

FONTE: AUTOR (2011)

5.3.2. *No Bota Fora*

A mesma metodologia para locação da área de vegetação nativa foi utilizada nas áreas de bota fora, porém em função das áreas em processo de revegetação não apresentarem uma vegetação bem desenvolvida, em termos de estrutura florística, foi inserido no local da parcela o mesmo gabarito de 1 m², utilizado na floresta nativa, para então ser coletado todo o material vivo existente (este composto basicamente por gramíneas).

Após a coleta do material vegetativo existente (FIGURA 16) era aberta uma trincheira para coleta do solo nas profundidades ora citadas assim como realizado na floresta nativa.



FIGURA 16 – GABARITO INSERIDO NA ÁREA DE BOTA FORA PARA COLETA DA BIOMASSA EXISTENTE.

FONTE: AUTOR (2011)

Não houve determinação do estoque de carbono na serapilheira do bota fora devido o mesmo não apresentar uma vegetação que deposite no solo material suficiente para a formação de um “manto” sob o solo.

5.4 ANÁLISES LABORATORIAIS

5.4.1. Determinação da Umidade Gravimétrica

Todas as amostras de solo e serapilheira coletadas em campo foram levadas ao Laboratório de Inventário Florestal (LIF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Após a pesagem do material coletado (solo e serapilheira) no LIF, estes foram encaminhados ao Laboratório de Polpa e Papel da UFPR, para serem secos em estufa de renovação e circulação de ar, a uma temperatura constante de 65 °C, até atingir massa constante, sendo possível calcular a percentagem de umidade do solo em base seca, para posterior preparação das mesmas para análise química do teor de carbono orgânico.

Para cada amostra de serapilheira coletada foi separado 300 g (subamostras de serapilheira) da mesma para serem levados à estufa. As subamostras de serapilheira foram colocados em sacos de papel (FIGURA 17) para depois serem submetidas à secagem. Após a massa ser estabilizada, as amostras retornaram ao LIF para ser obtida o peso das mesmas através de balança analítica.



FIGURA 17 – AMOSTRA DE SERAPILHEIRA ANTES DE IR PARA A ESTUFA.

As amostras de solo (FIGURA 18) conforme citado, também foram encaminhadas a estufa do Laboratório de Polpa e Papel da UFPR, e mantidas ali por

cerca de 6 semanas a temperatura constante de 65 °C, até a estabilização de no mínimo 10 amostras pesadas aleatoriamente, pois foram levadas a estufa um total 30 amostras de solo.



FIGURA 18 - AMOSTRA DE SOLO ANTES DE SER LEVADA A ESTUFA.

Para obtenção da massa úmida das amostras de solo, foi necessário tarar a balança analítica com a massa do anel de Kopecky (EMBRAPA, 2010) sem solo, para assim ser possível a determinação da massa úmida das amostras.

A partir da equação 01 pode-se determinar a umidade gravimétrica de cada amostra coletada.

$$U_G = (m \text{ úmida} - m \text{ seca}) / m \text{ úmida} \quad (01)$$

Onde:

U_G = Umidade gravimétrica (g g^{-1})

$m \text{ úmida}$ = massa úmida (g),

$m \text{ seca}$ = massa seca (g),

5.4.2. Densidade do Solo

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, o qual se fundamenta no uso de um anel de bordas cortantes com capacidade interna conhecida. A verificação da densidade do solo ocorreu no final do período de avaliação da umidade.

E partir da equação 02 determinou-se a densidade do solo.

$$DS = m \text{ seca} / Vc$$

(02)

Onde:

DS = Densidade do solo (g/cm³)

Massa seca = massa da amostra seca (g),

Vc = volume do cilindro (cm³).

5.4.3. Determinação do Teor de Carbono Orgânico

Os teores de carbono orgânico nas amostras de solo e biomassa foram determinados via combustão seca. Foi utilizado um equipamento especializado para a análise de carbono, o analisador de carbono LECO, modelo C-144 (FIGURA 19). O equipamento analisa o carbono orgânico pela combustão total, na qual a amostra é submetida à temperatura de 1.000 °C por cerca de 60 s. Nesse método, a amostra de

material sólido é levada à combustão, sendo que um sensor detecta a quantidade de dióxido carbono (CO_2) gerado, relacionando automaticamente com a quantidade de carbono elementar existente na amostra.



FIGURA 19 – ANALISADOR LECO MODELO C -144.

Antes de proceder-se as análises alguns cuidados foram tomados, como a verificação da temperatura do analisador e demais checagens para a calibração do mesmo. Posteriormente foram separadas porções de 100 mg de cada amostra, pesadas em balança analítica em recipiente de cerâmica (cadinho). Após a pesagem, individualmente as amostras foram introduzidas no analisador até a combustão completa das mesmas.

Para realizar a determinação dos teores médios de carbono orgânico, as amostras obtidas em campo foram divididas em 2 diferentes estratos: floresta nativa, e bota fora com 4 e 8 anos de idade.

5.4.3.1. Serapilheira

Da amostra total de serapilheira coletada na área de floresta foi separado em sacos de papel, 300 g de material, após este as amostras foram encaminhadas ao laboratório de Polpa e Papel da UFPR, para serem secas em estufa a uma temperatura constante de 65 °C. Devido às amostras de serapilheira apresentarem galhos, e demais estruturas foi necessário que estas estruturas fossem maceradas, para tal foi utilizado o moinho do Laboratório de Polpa e Papel da UFPR.

Para a moagem do material foi utilizada uma malha de 2 mm, para assim ser possível o processamento no analisador de carbono orgânico.

5.4.3.2. Solo

As amostras de solo após terem sido secas, foram maceradas com gral e pistilo de porcelana, para a homogeneização das amostras e passadas em uma peneira de 2 mm. Após esta etapa o material foi armazenado em potes, identificados e encaminhados ao LIF, para a determinação do teor carbono orgânico, conforme realizado nas amostras de serapilheira.

5.5 ESTIMATIVA DA ALTURA TOTAL

Segundo Mognon (2011), o ajuste de modelos hipsométricos é muito praticado no meio florestal. Essa relação proporciona a estimativa da altura de uma árvore em função do seu diâmetro à altura do peito (DAP) ou do seu diâmetro da base da árvore (DB).

Devido às dificuldades em campo em se determinar a altura das árvores, principalmente em florestas naturais, à utilização de equações para a estimativa da altura das árvores tornou-se uma alternativa viável e muito praticada nos inventários florestais.

Para a estimativa da altura total a equação selecionada para tal foi testada no trabalho de MOGNON (2011).

A seguir segue a equação citada:

$$ht = -48,36200798(1 - \exp(-0,00264202 * DAP))^{0,450872} \quad (03)$$

onde:

ht = altura total (m)

DAP = diâmetro à altura do peito (cm)

Assim, para o conjunto de dados de Mognon (2011) pôde-se verificar que o teste para o conjunto de dados apresentou valor de (χ^2) não significativo ao nível de 95% de probabilidade, pois o valor de (χ^2) calculado foi inferior ao tabelado. Com isso evidenciou-se que a equação ajustada (03), foi validada estatisticamente para

estimativas de altura total de espécies da Floresta Ombrófila Mista Montana estudada. O gráfico dos resíduos da validação da equação ajustada também demonstrou uma boa distribuição dos mesmos, credenciando a equação ajustada para obtenção das estimativas de altura total das espécies arbóreas em Floresta Ombrófila Mista Montana.

Para estimativa da altura total da vegetação aqui estudada, a equação utilizada foi a modificada de Chapman & Richards (MOGNON, 2011):

5.6 ESTIMATIVA DA BIOMASSA VEGETAL

A equação utilizada para realizar a estimativa da biomassa acima do solo para a área de floresta nativa foi utilizada por Mognon (2011) para um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana ajustada por Ratuchne (2010), sendo a equação (06):

$$P = -3,025 * DAP + 0,425 * DAP^2 + 0,006(DAP^2 * ht) \quad (04)$$

onde:

P = biomassa (kg)

DAP = diâmetro a altura do peito (cm);

ht = altura total (m).

Essa equação foi utilizada por apresentar estatísticas de ajuste razoáveis, bem como, por se tratar de uma equação que foi ajustada para o estudo de Mognon (2011)

realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de General Carneiro (PR).

5.7 DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NA BIOMASSA

A determinação do estoque de carbono orgânico existente na vegetação nativa foi determinada através dos dados de biomassa estimada. Os valores obtidos para biomassa foram multiplicados pelo teor de carbono de 0,4 para assim ter-se o somatório de carbono orgânico para cada parcela, a partir destes os valores, os mesmos foram extrapolados e convertidos, através da equação abaixo:

$$ECB = (\sum C \text{ por parcela} * 10.000 / 300) / 1.000 \quad (05)$$

Onde:

ECB = Estoque de carbono na biomassa (t ha⁻¹)

C = Carbono por parcela (kg)

5.8 DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NA SERAPILHEIRA

Para a determinação do estoque de carbono orgânico na serapilheira, foi necessário possuir as massas totais das amostras coletadas em campo, para a determinação da biomassa e os valores de teor de carbono de cada amostra para se quantificar o estoque de carbono em ($t\ ha^{-1}$), conforme equação abaixo.

$$ECSE = B_{SECA} * (T\ C / 100) \quad (06)$$

Onde:

ECSE = Estoque de carbono da serapilheira ($t\ ha^{-1}$);

B_{SECA} = biomassa seca ($t\ ha^{-1}$);

TC = Teor de carbono (%).

5.9 DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NO SOLO

Para a determinação do estoque de carbono orgânico do solo, foi utilizada a densidade do solo de cada amostra bem como os seus teores de carbono equivalentes, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, conforme a equação abaixo.

$$ECS = (DS * Es * (T\ C / 100) * 10.000) \quad (07)$$

Onde:

ECS = estoque de carbono orgânico no solo ($t\ ha^{-1}$);

DS = densidade do solo (g cm^{-3});

Es = espessura da camada (m);

TC = teor de carbono (%).

5.10 DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE TOTAL DE CARBONO ORGÂNICO

O estoque total de carbono das áreas aqui em estudo (floresta/bota fora) se deu pela somatória dos compartimentos avaliados para a área de floresta e para a área de bota fora, para assim ser possível ter uma visão do estoque de carbono total existente na área antes da atividade de extração de calcário, e como se encontra a situação da área após a mineração pelo sistema de recuperação ambiental executado pela empresa.

Para a área de floresta tem-se:

$$ETC = \sum EB + ESE + ES_{(0-40)} \quad (08)$$

Onde:

ETC = Estoque total de carbono (t ha^{-1});

EB = Estoque da biomassa (t ha^{-1});

ESE = Estoque da serapilheira (t ha^{-1});

ES = Estoque do solo na camada de 0-40 cm (t ha^{-1}).

E para a área de bota fora se tem:

$$ETC = \sum ESE + ES_{(0-40)} \quad (09)$$

Onde:

ETC = Estoque total de carbono (t ha^{-1});

ESE = Estoque da serapilheira (t ha^{-1});

ES = Estoque do solo na camada de 0-40 cm (t ha^{-1}).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. FLORESTA NATIVA

6.1.1. Biomassa e Estoque de Carbono

O armazenamento de carbono em ecossistemas florestais é um parâmetro básico para se estudar a troca desse elemento entre esses ambientes e a atmosfera, e um dado essencial na estimativa da absorção e emissão desse elemento por esses ambientes (SILVEIRA *et al.*, 2008). Smith *et al.* (2004) mencionam que estudos sobre sequestro de carbono são importantes na avaliação de uma floresta como recurso natural, como também na relação entre mudanças climáticas e o acúmulo de gases do efeito estufa na atmosfera, uma vez que as florestas removem o dióxido de carbono da atmosfera e o estocam na forma orgânica.

A altura média obtida das árvores inventariadas foi de 10,7 m, e a partir da estimativa da altura de cada indivíduo foi possível calcular a biomassa em kg para cada indivíduo através de equação 04, dando uma somatória total para a área amostrada de 9.677,38 kg de biomassa seca. O valor individual de cada amostra foi multiplicado pelo teor de carbono (EMBRAPA, 2002) que para a floresta ombrófila foi de 0,4 para a obtenção da soma de carbono para cada parcela inventariada. Sendo a média do estoque de carbono para a área de floresta de 20,74 t C ha⁻¹.

Segundo Watzlawick *et al.* (2005), comparar resultados de biomassa de forma ampla é tarefa difícil, principalmente da vegetação arbustiva (sub-bosque), pois não há disponibilidade de literatura que verse sobre o tema proposto. Segundo o mesmo autor, trabalhos sobre biomassa arbustiva no Brasil são raros, podendo ser citados os

realizados com *Araucaria angustifolia* (SCHUMACHER et al., 2002a, b), *Eucalyptus* spp. (SCHUMACHER; WISTCHORECK, 2004a), *Pinus elliottii* (36 anos de idade) (SCHUMACHER et al., 2004b), *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* com várias idades (WATZLAWICK, 2003), em florestas naturais (WATZLAWICK, 2003; CALDEIRA, 2003) e em florestas naturais em diferentes estágios de regeneração (WATZLAWICK et al., 2002).

Devido a tal fato neste trabalho não foi realizado a quantificação do estoque de carbono da vegetação do sub-bosque da floresta.

Através da TABELA 2 pode-se avaliar o estoque de carbono por hectare, para a biomassa florestal da área de floresta nativa.

TABELA 2 - ESTOQUE GLOBAL DE CARBONO NA VEGETAÇÃO E NO SOLO (PROFUNDIDADE DE 100 CM).

Floresta Nativa	Parcela	Biomassa por Hectare (t ha ⁻¹)	*Estoque de Carbono Orgânico por Hectare (t C ha ⁻¹)
	Parcela 01	112,84	50,78
	Parcela 02	50,03	22,52
	Parcela 03	44,02	19,81
	Parcela 04	17,52	7,89
	Parcela 05	47,45	21,35
	Parcela 06	31,72	14,27
	Parcela 07	18,99	8,55
	Média	46,08	20,74

*Coeficiente de Variação = 69,95%; Desvio Padrão = 14,51 t C ha⁻¹; Máx. = 50,78 e Mín.= 7,89.

O estoque médio de carbono orgânico encontrado neste estudo foi de 20,74 t C ha⁻¹, valores estes abaixo do encontrado em diversos trabalhos. No trabalho de PAIXÃO et al.(2006), que avaliou um plantio de eucalipto de 6 anos de idade, o valor médio encontrado foi de 71,13 t C ha⁻¹

6.1.2. Serapilheira

A variação da quantidade de serapilheira acumulada nos solos florestais pode ser influenciada por condições desfavoráveis a decomposição, como déficit de água no solo e na serapilheira, temperaturas muito altas ou muito baixas, pH alto ou baixo, propriedades físico-químicas da serapilheira como folhas, conteúdo de substâncias (lignina, celulose, hemicelulose), baixa densidade da população de organismos decompositores além da época (estação do ano) da coleta acumulada (O'CONNELL e SANKARAN, 1997).

Através dos dados obtidos nas amostras de serapilheira na floresta nativa, a média de teor de carbono orgânico foi de 468,40 g kg⁻¹ (TABELA 02). O valor obtido para a área de floresta nativa, pode se justificar devida a diversidade de material que é depositado no solo. No trabalho de Balbinot (2003), foi obtido um teor de 444,0 g g kg⁻¹ quando avaliado uma floresta de Pinus, enquanto que Schumacher *et al.* (2001), estudando florestas de *Acacia mearnsii* de 4 e 6 anos de idade, estimaram o teor da serapilheira destas em 284,0 e 336,0 g kg⁻¹, respectivamente, teores um tanto inferiores aos obtidos neste trabalho isto talvez devidos a baixa relação carbono/nitrogênio da espécie e pelo tipo de clima que na área de estudo de Schumacher *et al.* (2001), é subtropical com verões quentes, pertence às regiões mais baixas, apresentando uma predominância de campos, com vegetação rasteira de gramíneas, ou seja uma vegetação menos densa e com menor diversidade do que na área aqui em estudo. Já no trabalho de Higuchi e Carvalho Jr. (1994), estes obtiveram um teor médio de carbono orgânico na serapilheira de 390 g kg⁻¹, em uma floresta tropical de terra firme, valores estes mais próximos ao encontrado neste trabalho, devido a ambas as áreas se encontrarem na mesma classificação climática.

A partir da análise dos dados da TABELA 3 tem-se os valores individuais de estoque de carbono orgânico para cada amostra de serapilheira coletada na área de floresta nativa, onde se obteve uma média de 3,70 t de carbono ha⁻¹.

TABELA 3 - DETERMINAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO NA SERAPILHEIRA NA FLORESTA NATIVA

Floresta Nativa	Biomassa (t ha ⁻¹)	Teor de C (g kg ⁻¹)	*Estoque de Carbono Orgânico (t ha ⁻¹)
	9,38	429,05	4,02
	8,67	484,60	4,20
	7,04	438,06	3,09
	9,54	484,99	4,63
	9,06	486,01	4,40
	6,91	482,99	3,34
	4,71	473,13	2,23
	Média		3,70

*Coeficiente de Variação = 23,12%; Desvio Padrão = 0,86 t C ha⁻¹; Máx. = 4,63 e Mín. = 2,23.

6.1.3. Solo

A densidade do solo é um importante atributo físico dos solos, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sobretudo em sua influência em propriedades como infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade desse solo aos processos erosivos, sendo largamente utilizada na avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos (GUARIZ et al., 2009). A densidade do solo é uma propriedade variável e depende da estrutura e compactação do solo.

Conforme Costa *et al.* (2003), a densidade tende a aumentar com a profundidade o que se deve a fatores tais como: teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas sobrejacentes, diminuição da porosidade total devido à eluviação da argila, dentre outros.

Na TABELA 4 pode-se observar os valores e as médias encontradas para a área de floresta nativa, para a densidade e teor de umidade para as duas profundidades. Observa-se que na profundidade 20 – 40 cm a densidade do mesmo é maior, chegando a atingir na área de floresta uma média de 1,23 g cm⁻³ na primeira

camada avaliada e uma média de $1,32 \text{ g cm}^{-3}$ na segunda camada avaliada. Os valores obtidos se encontram superiores aos obtidos no trabalho de Spera *et al.* (2004), quando este avaliou a densidade do solo em uma área de floresta subtropical, obtendo valores entre $1,05$ a $1,17 \text{ g cm}^{-3}$. Todavia, de acordo com Bowen (1981), para solos argilosos, o valor de densidade que pode ser considerado crítico quando em estado de capacidade de campo é de $1,55 \text{ g cm}^{-3}$. Segundo Tormena *et al.*, (2002) em longo prazo, é possível que o acúmulo de matéria orgânica contribua para reduzir a densidade do solo, e que a área em estudo é uma área antropizada, o que pode influenciar no aumento da densidade do solo nessas áreas.

TABELA 4 - UMIDADE GRAVIMÉTRICA E DENSIDADE DO SOLO PARA A ÁREA DE FLORESTA NATIVA

FLORESTA NATIVA						
Floresta Nativa	PROFUNDIDADE DE 0-20 CM	Umidade (dag kg ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)	PROFUNDIDADE DE 20-40 CM	Umidade (dag kg ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)
		19,21	1,25		19,55	0,80
		8,57	1,48		12,67	1,52
		9,75	1,27		8,02	1,42
		12,80	1,33		7,37	1,43
		9,61	1,38		11,99	1,39
		28,41	1,03		13,08	1,40
		41,15	0,86		7,76	1,27
		Coeficiente de Variação (%)			66,14	16,11
Desvio Padrão		12,24	0,20		4,00	0,22
Média		18,50	1,23		11,49	1,32
Máx.		41,15	1,48		19,55	1,52
Mín.		8,57	0,86		7,37	0,80

Quanto ao teor de umidade, (TABELA 4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) observa-se que o mesmo é maior na primeira camada avaliada apresentando uma média de $18,50 \text{ dag kg}^{-1}$ contra $11,49 \text{ dag kg}^{-1}$ na camada posterior, tal fato é esperado, pois as camadas mais superficiais ter-se uma maior infiltração da água devido à presença de raízes no solo, e devido a nesta camada a densidade do solo ser menor do que na camada posterior.

Na TABELA 5 é possível observar os teores e os estoques de carbono orgânico no solo para a área de floresta nativa nas profundidades avaliadas.

TABELA 5 - ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NO SOLO NAS PROFUNDIDADES DE 0 - 20 CM E DE 20-40 CM

		*Teor de C Orgânico (dag kg ⁻¹)	**Estoque de C 0-20 cm (t ha ⁻¹)		*Teor de C Orgânico (dag kg ⁻¹)	**Estoque de C 20-40 cm (t ha ⁻¹)
Floresta Nativa	PROFUNDIDADE DE 0-20 cm	22,48	56,34	PROFUNDIDADE DE 20 - 40 cm	1,74	27,69
		7,52	22,28		0,70	21,39
		16,44	41,79		1,37	38,82
		17,85	47,31		1,47	41,97
		10,10	27,92		0,78	21,60
		12,92	26,74		2,17	60,98
		28,19	48,39		1,32	33,58
		Coeficiente de Variação (%)			43,48	33,67
Desvio Padrão (*dag kg ⁻¹) / (**t ha ⁻¹)		7,17	13,02		0,51	13,89
Média		16,5	38,68		1,36	35,15
Máx.		28,19	56,34		2,17	60,98
Mín.		7,52	22,28		0,70	21,39

No trabalho de Sordi *et al.* (2009). no qual foi realizada uma avaliação do teor de carbono no solo sob diferentes sistemas de uso da terra (SUTs), o mesmo obteve que os teores de C dos solos nos diferentes SUTs decresceram com a profundidade, pois nas camadas mais superficiais há uma elevada contribuição dos sistemas radiculares no aporte de C aos solos. A entrada de carbono orgânico no solo depende da entrada de material orgânico através da senescência de certos componentes da biomassa acima e abaixo do solo, queda das folhas e animais mortos, com suas respectivas taxas de decomposição, devido a estes fatores as maiores concentrações de carbono se encontram nas primeiras camadas avaliadas.

Ao avaliarem-se os estoques de carbono orgânico nas profundidades, tem-se que os maiores estoques se encontram na primeira camada avaliada (TABELA 4 e na TABELA 5), e que a média de estoque na camada de 0-20 cm é de 38,68 t ha⁻¹, contra 35,15 t ha⁻¹ da camada de 20-40 cm, totalizando um estoque total (0-40 cm) de 73,83 t ha⁻¹.

Salienta-se que o limite de acúmulo de C é dependente da quantidade de resíduos produzidos e da ação microbiana (ALVES et al., 2008). Pode-se considerar também a qualidade e diversidade do resíduo liberado no solo, áreas de floresta tendem a ter uma maior diversidade florística, liberando assim diferentes quantidades de carbono ao solo através senescência de suas estruturas. As camadas mais superficiais do solo são mais sensíveis às variações do estoque de C, devido a ação dos micro-organismos na matéria orgânica do solo (MOS). Nas camadas mais profundas o estoque de C contribui de forma mais estável para o acúmulo deste no solo, o que pode ser explicado pelo menor efeito dos fatores climáticos, por fatores inerentes do resíduo, e pela menor chance de perturbação do solo.

6.2. BOTA FORA

6.2.1. Biomassa e Estoque de Carbono

Através da análise TABELA 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** pode-se observar o teor de carbono orgânico obtido para o bota fora.

TABELA 6 - ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NA BIOMASSA DO BOTA FORA

	Biomassa (t ha⁻¹)	Teor de C (g kg⁻¹)	*Estoque de Carbono Orgânico (t ha⁻¹)
Bota Fora	5,89	427,56	2,52
	8,51	434,57	3,70
	6,18	455,36	2,82
	4,36	446,18	1,94
	8,16	478,03	3,90
	10,60	431,83	4,58
	3,75	436,23	1,64

Média	3,01
*Coeficiente de Variação = 35,92%; Desvio Padrão = 1,08 t ha ⁻¹ ; Máx. = 4,58 e Mín.=1,64	

A média conforme citado foi de 444,25 g kg⁻¹, a mineralização dos restos de culturas de cobertura, considerando somente os compartimentos planta e solo, é um sistema aberto com entrada de nutrientes via adubos e restos vegetais, que mineralizam em diferentes velocidades, sem considerar outras entradas, como a água da chuva; as saídas ocorrem pelas perdas por volatilização, lixiviação, percolação e escoamento por erosão laminar (Borkert et al., 2003). Devido ao tipo de material existente acima do solo nas áreas de bota fora o valor médio encontrado para teor de carbono orgânico, foi baixo quando comparada com a área de floresta nativa, que apresenta uma grande diversidade de espécies, o que facilita a mineralização da biomassa.

O valor obtido nessas áreas em recuperação não foi mais baixo devido à vegetação existente ali pertencer ao grupo das plantas C₄.

Através dos valores obtidos na TABELA 6 tem-se o estoque médio de C na área do bota fora, atingindo uma média de 3,01 t ha⁻¹, valor extremamente baixo quando comparado como o valor obtido para a biomassa da floresta. O baixo valor nessa área pode ser explicado pela baixa diversidade florística da área.

6.2.2. Solo

PODE-SE OBSERVAR AINDA QUE NÃO HÁ DIFERENÇA ENTRE AS DENSIDADES NAS ÁREAS DE BOTA FORA (

TABELA 7) quando se avalia as mesmas em relação as profundidades, pois na profundidade de 0-20 cm tem-se 1,47 g cm⁻³ e na profundidade de 20-40 cm o valor é de 1,46 g cm⁻³, estes valores demonstram que independente da profundidade o solo se encontra mais compactado do que na floresta nativa, e que este aspecto pode estar

prejudicando o crescimento das raízes da vegetação inserida nessas áreas, favorecendo assim também a baixa diversidade de espécies da área.

TABELA 7 - UMIDADE E DENSIDADE DO SOLO NA ÁREA DE BOTA FORA

Bota Fora	PROFUNDIDADE DE 0-20 CM	Umidade (dag kg ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)	PROFUNDIDADE DE 20-40 CM	Umidade (dag kg ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)
		13,87	1,49		4,87	1,62
		16,51	1,33		16,17	1,51
		16,45	1,35		6,86	1,44
		20,94	1,28		15,86	1,50
		2,16	1,46		35,28	1,13
		15,02	1,57		4,67	1,91
		4,33	1,77		15,42	1,11
	Coeficiente de Variação (%)		53,98	10,60	75,41	19,12
Desvio Padrão		6,88	0,16		10,68	0,28
Média		12,75	1,47		14,16	1,46
Máx.		20,94	1,77		35,28	1,91
Mín.		2,16	1,28		4,67	1,11

Este comportamento foi influenciado principalmente pelo revolvimento e pelo tráfego de máquinas e equipamentos sobre o solo dessa área, o que justifica os resultados.

No trabalho de Rodrigues *et al.* (2006) os mesmos avaliaram a densidade do solo em diversas situações de manejo dentre as situações existia uma em recuperação na qual o mesmo obteve 1,60 g cm⁻³ como densidade do solo ficando este acima do limite estabelecido por Bowen (1981) de 1,55 g cm⁻³.

No presente estudo os valores médios de densidade obtidos para os dois bota foras avaliados ficam abaixo, porém muito próximos do limite proposto por Bowen (1981), e os valores máximos situam-se acima dos limites estabelecidos por este autor.

Segundo Taylor e Brar (1991), em solos compactados ocorre alteração da estrutura e, conseqüentemente, decréscimo da porosidade, da macroporosidade, da disponibilidade de água e nutrientes e da difusão de gases no solo cujas relações com o desenvolvimento das raízes são fundamentais.

Segundo Queiroz-Voltan *et al.*(2000), em solos compactados, as raízes das plantas não utilizam adequadamente os nutrientes disponíveis, uma vez que o desenvolvimento de novas raízes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, fica prejudicado.

Quanto ao teor de umidade, na TABELA 7 observa-se que o mesmo é maior na camada mais profunda avaliada, apresentando uma média de 14,16 dag kg⁻¹ contra 12,75 dag kg⁻¹ na camada superficial. A umidade nos bota fora ocorre inversamente ao que ocorre na área de floresta, e talvez esteja relacionado à dificuldade das raízes em se desenvolver e extrair água da camada de 20-40 cm. Além disso os sistemas radiculares da floresta e da vegetação do bota fora são bastante distintos.

Na TABELA 8 é possível observar os teores e os estoques de carbono orgânico no solo para a área de bota fora nas profundidades avaliadas.

TABELA 8 - ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO NO SOLO NAS PROFUNDIDADES DE 0 -20 E DE 20 -40 CM

Bota Fora	PROFUNDIDADE DE 0-20 cm	*Teor de C Orgânico (dag kg ⁻¹)	**Estoque de C 0-20 cm (t ha ⁻¹)	PROFUNDIDADE DE 20-40 cm	*Teor de C Orgânico (dag kg ⁻¹)	**Estoque de C 20-40 cm (t ha ⁻¹)
		18,99	56,59		1,26	40,88
		5,52	14,72		0,40	11,99
		8,57	23,18		0,66	18,99
		5,41	13,84		1,67	50,30
		12,00	35,02		0,93	21,08
		16,78	52,80		0,78	29,98
		3,45	12,20		0,36	7,87
		Coeficiente de Variação (%)			59,50	63,00
Desvio Padrão (*dag kg ⁻¹) / (**t ha ⁻¹)		6,01	18,75		0,47	15,42
Média		10,10	29,76		0,87	25,87
Máx.		18,99	56,59		1,67	50,30
Mín.		3,45	12,20		0,36	7,87

Ao avaliarem-se os estoques de carbono orgânico nas profundidades, tem-se que os maiores estoques se encontram na primeira camada avaliada (TABELA 8).

Tem-se a partir da análise destas que a média de estoque na camada de 0-20 cm é de 29,76 t ha⁻¹, contra 25,87 t ha⁻¹ da camada de 20-40 cm, totalizando um estoque total (0-40 cm) de 55,63 t ha⁻¹.

É possível observar através dos dados que mesmo os bota foras não apresentando a mesma estrutura e configuração de horizontes como a área de floresta, devido à forma de sua constituição o mesmo ainda assim apresenta os maiores estoques de C nas camadas superficiais, provavelmente devido ao fato da vegetação que o compõem estar liberando ao solo carbono, tanto pela decomposição de suas estruturas quanto pela disponibilização da própria espécie ali inserida.

Porém ao realizar a comparação entre as duas áreas (floresta e bota fora), a área de floresta apresenta os maiores estoques de C em ambas as profundidades quando comparado a área de bota fora, devido a diversidade florística existente na área o que favorece a disponibilização de carbono ao solo, através da senescência de componentes da biomassa, queda das folhas e animais mortos. Porém não se pode deixar de mencionar que devido a composição estrutural do bota fora a diferença existente de estoque de carbono nos solos esteja armazenada no corpo do bota fora.

6.3. ESTOQUE TOTAL DE CARBONO

A partir deste somatório dos compartimentos tem-se que a área de floresta nativa apresenta um estoque total de 91,25 t de carbono ha⁻¹, enquanto que a área de bota fora apresenta um valor de 58,64 t de carbono ha⁻¹, o que representa 64,26% da situação original, ou seja, a área de bota fora, que se apresenta em fase de recuperação precisa ainda armazenar/estocar cerca de 35,74% t de carbono ha⁻¹ para se igualar ao estado natural da área de floresta nativa.

No trabalho de PAIXÃO et al.(2006), ao analisar uma floresta de eucaliptos em todos os seus compartimentos o valor encontrado foi de 71,13 t de carbono ha⁻¹, valor

este abaixo do encontrado neste trabalho, mas que foi considerado como um valor significativos para a venda de créditos de carbono.

No trabalho de RIBEIRO et al. (2009), os valores obtidos para uma floresta madura localizada em Viçosa- MG foi de 83,34 t de carbono ha⁻¹, valores próximos ao encontrados no presente estudo visto que no trabalho de Ribeiro não foi feita a amostragem do compartimento solo e serapilheira, seria possível que na avaliação destes compartimentos os valores fossem bem similares aos resultados encontrados no presente estudo

No GRÁFICO 1 é possível avaliar os valores individuais por compartimento analisando ambas as áreas.

Não se pode deixar de frisar que a área de bota fora apresenta duas desvantagem em relação à área de nativa, a primeira é a baixa biodiversidade existente em sua composição atual, o que minimiza o armazenamento/estoque de carbono orgânico nos diferentes compartimentos avaliados, a segunda desvantagem diz respeito há não contabilização do compartimento serapilheira nessas áreas, este devido a pouca ou nenhuma existência de uma manto sobre a área avaliada, causada pelo fato já citado anteriormente, a baixa biodiversidade do local que apresenta solo com poucos nutrientes que permitam que outros grupos ecológicos se desenvolvam no local.

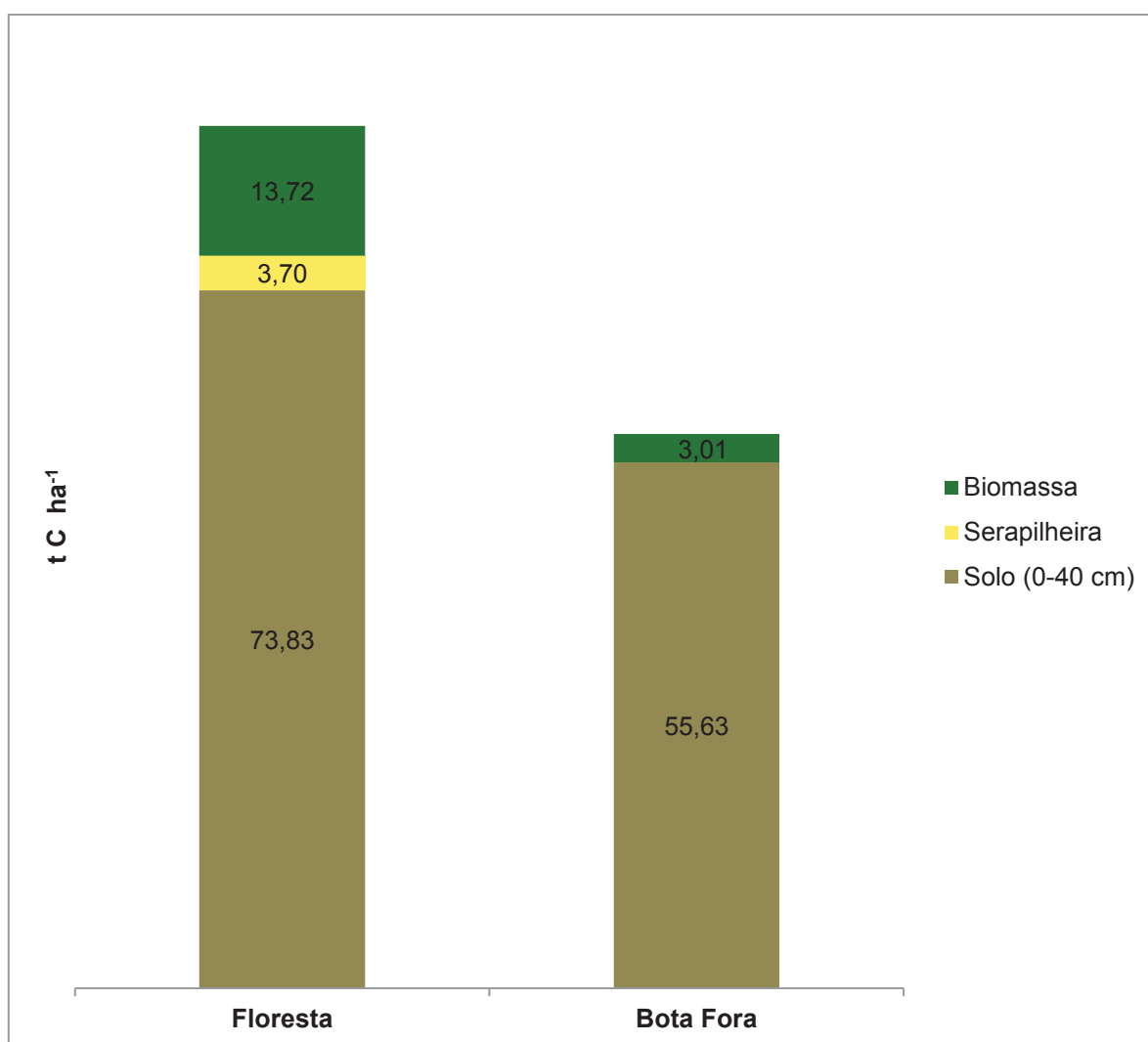


GRÁFICO 1 – ESTOQUE TOTAL DE CARBONO ORGÂNICO NOS COMPARTIMENTOS AVALIADOS PARA AS ÁREAS DE FLORESTA E BOTA FORA.

6.4. PERDA DE ESTOQUE DE CARBONO E EMISSÃO DE CO₂

A conversão do carbono em CO₂ equivalente (CO_{2eq}) foi realizada multiplicando-se o total de carbono emitido por 44/12 (razão do peso molecular do CO₂ e do carbono).

A perda total de carbono para a área de estudo foi de 41,47 t C ha⁻¹, gerando uma emissão de CO₂ para a atmosfera de 152,06 t de CO₂ equivalente.

No estudo de Fearnside (2005), no qual ele avaliou o balanço anual das emissões líquidas de 1990 de uma área florestada na Amazônia legal, considerando somente o CO₂, 1.218-1.233 x 10⁶ t de gás foram emitidos (emissão bruta) por desmatamento (não incluindo emissões da exploração madeireira. Subtraindo-se a absorção de 29 x 10⁶ t de gás de CO₂ ele obteve uma emissão líquida de 1.189-1.204 x 10⁶ t de CO₂ equivalente. Valores muito acima do encontrado neste trabalho devido ao autor ter feito uma avaliação anual das emissões.

Em um segundo estudo de Fearnside *et al.* (2009), o autor obteve uma emissão líquida de 12,8 t C ha⁻¹ em biomassa (não considerando o carbono do solo), baseado em uma matriz de transições entre categorias de usos da terra. O que equivale a uma emissão de 46,93 t de CO₂ equivalente, valores estes abaixo do encontrado neste estudo devido o mesmo não ter podido avaliar o compartimento solo.

7. CONCLUSÕES

Conclui-se a partir da avaliação que:

- O solo da floresta apresenta maiores estoques carbono orgânico que o bota fora em ambas as profundidades;
- Que a biomassa da área de floresta consegue armazenar/estocar maiores quantidades de carbono orgânico, que as áreas de bota fora, devido a sua baixa diversidade florística;
- Que o compartimento serapilheira é quantificável na área de floresta, porém não no bota fora;
- Que o estoque de carbono ele é maior na floresta em todos os compartimentos quando comparado com o bota fora;
- Há uma perda e consequentemente uma emissão de dióxido de carbono (CO_2) equivalente para a atmosfera, decorrente da atividade da mineração de calcário no local.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Logo o presente estudo apresentou uma visão de quanto é efetivamente armazenado/estocado de carbono nessas áreas mineradas em processo de recuperação e o quanto as atividades realizadas nessas áreas emitiram de CO_2 ao

meio ambiente, sendo possível a partir destes resultados melhorar o sistema atualmente proposto para a recuperação efetiva dessas áreas.

REFERÊNCIAS

ADUAN, R.E.; ADUAN R.E.; VILELA M de F.; REIS Junior F. dos B. **Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta** Planaltina, DF - – Documentos Embrapa Cerrados, 119, 2004. 25p. Disponível em <www.cpac.embrapa.br/download/339/t>. Acesso em 30.10.2011.

ALMEIDA, V. C. **Carbono Orgânico no solo e sua relação com os compartimentos morfológicos representativos do estado de São Paulo**. 67f. Dissertação (Mestrado Geociências e Meio Ambiente) – Setor de Pós-Graduação em Geociência e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, 2008.

ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, A. P.; BODDEY, R. M. Dinâmica de Carbono em Solos Sob Pastagens. In: Santos, G. de A.; Camargo, F. A. de O.; Da Silva, L. S.; Canellas, L. P. 2008. Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo. RS: Metrópole, 654p.

AMAZONAS. Governo do Estado. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **A floresta amazônica e seu papel nas mudanças climáticas** -. Manaus: SDS/CECLIMA, 2009.36p. (Série Técnica Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, n. 18)

ANDRADE, A. G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) UFRRJ, Seropédica, 1997.

AREVALO, L. A.; ALEGRE J.C.; VILCAHUAMAN L.J.M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra** – Colombo : Embrapa Florestas, 2002. 41 p. : il. (Embrapa Florestas. Documentos, 73). ISSN 1517. Disponível em: <www.reciclecarbono.com.br/biblio/metod_embrapa.pdf>. Acesso em 03/11/2011.

BRASIL. Portaria Nº 12, de 22 de Janeiro de 2002. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 jan. de 2002. Disponível em: http://www.dnmpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_00.php.> Acesso em 20/08/2011

BRASIL. Artigo nº 225, de 15 de setembro de 1965. Institui que: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 de setembro de 1965. Disponível em <http://www.tse.gov.br/hotSites/biblioteca/corujita/arquivos/Artigo_5_da_Constituicao_da_Republica_Federativa_do_Brasil.pdf>. Acesso em 28/06/2012.

BRASIL Decreto Nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, Inciso VIII, da Lei nº 6.938, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília,

DF, de 10 de abril de 1989. Disponível em <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=132802>>. Acesso em 28/06/2012.

BALBINOT, R. **Implantação de Florestas geradoras de Créditos de Carbono: Estudo de Viabilidade no sul do estado do Paraná, Brasil**. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

BALBINOT R, SCHUMACHER MV, WATZLAWICK LF. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais** v. 5, p. 59-68, 2003..

BARCELLOS, C; MONTEIRO, M.V; CORVALÁN, C. *et al.* Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v.18 n.3, 83 p. set. 2009. Disponível em: ><http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742009000300011>>. Acesso em: 29.10.2011

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima**. 2009 Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/especial/clima.pdf>. Acesso em 22.10.2011.

BOWEN, H.D. Alleviating mechanical impedance. In: ARKIN, G.F. & TAYLOR, H.M., eds. Modifying the root environment to reduce crop stress. St. Joseph, **American Society of Agricultural Engineers**, p. 18-57, 1981. (ASAE Monograph, 4).

BORKERT C. M.L. ;GAUDÊNCIO C. de A., PEREIRA J. E., PEREIRA L. R. e JUNIOR A. de O. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo - **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003

BRASIL - Ministério da Defesa – Exército Brasileiro Secretaria de Tecnologia da Informação Diretoria de Serviços Geográfico. **Mapa Topográfico de Rio Branco do Sul**, Brasília 1968. Escala:1:50.000.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto Nº 97.632, de 10 de Abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, D.F., 12 de abril de 1989.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil** / Brasília: Organização Pan- Americana da Saúde, 2008.

BRITEZ, R. de M., BORGIO, M., TIEPOLO, G., FERRETTI, A., CALMON. M., HIGA, R. Estoque e incrementos de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na floresta Atlântica do Sul da Brasil – PR. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2006.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP/ESALQ,.132p, 1997

CARDOSO, E.L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C.A.; *et al.* Estoques de Carbono e Nitrogênio em Solo sob Florestas Nativas e Pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n9/a13v45n9.pdf> >. Acesso em: 22/10/2011.

CARMO, C. A. F. S. *et al.* Estimativa do estoque de carbono na biomassa do clone de seringueira RRIM 600 em solos da Zona da Mata mineira. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2003. 19p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD Rom. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acessado em: 09/08/2012

CAVALCANTI, M.B. - O ano internacional das Florestas. **Jornal Mundo Jovem**. Disponível em: <http://www.pucrs.br/mj/artigo-2011-o-ano-internacional-das-florestas.php>. Acesso em: 22.10.2011.

CAXAMBU, M.G.; COSTA, K.M. **Sequestro de carbono: possibilidade de aplicação em áreas de preservação permanente e reserva legal**. 2009. Disponível em:<<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=12599>>. Acesso em 15.10.2011.

CECARELLI, T.S. **Paradigmas para os Projetos de Obras Marítimas no Contexto das Mudanças Climáticas**. Dissertação (Mestrado Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CEPAC - PUCRS. Centro de Excelência em Pesquisa sobre Armazenamento de Carbono. **Causas das mudanças do clima**. Disponível em: <www.pucrs.br/cepac/download/1_Causas.pdf>. Acesso em 01.11.2011

CHANG, M. Y. **Sequestro Florestal de Carbono no Brasil - Dimensões Políticas, socioeconômicas e Ecológicas**. 293 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Energia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CICLO DO CARBONO. Disponível em: <http://www.passeiweb.com/na_ponta_lingua/sala_de_aula/biologia/ecologia/ciclos_biogeoquimicos/ciclos_biogeoquimicos_carbono>. Acesso em: 15/11/2011.

CORTE A. P. D. - **Metodologia para Detecção da Elegibilidade, Linha de Base e Monitoramento de Projetos de MDL Florestal** - Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 120f, 2005.

CORTE, A. P. D.; SANQUETTA C. R.; Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamento de Pinus na área de domínio da floresta Ombrófila Mista no Paraná – PR, **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 32-39, jan.,-mar. 2007

COSTA, A.M.; SOUZA, M.A.S.; SILVA JUNIOR, A.M.; FALQUETO, R.J.; BORGES, E.N. - Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos da cerrado. In: **Anais**. II Simpósio Regional de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2003.

CRETON, J.C. **Efeito Estufa: Causas e Consequências**. 75 f. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Física) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2006.

DALLAGNOL F. S., MOGNON, F.; SANQUETTA C. R., CORTE A. P. D. - Teores de Carbono de Cinco Espécies Florestais e seus Compartimentos -**Floresta e Ambiente**, 2011 out./dez.; 18(4):410-416

DIAS, E.G.C.S.; SÁNCHEZ, L.E. Deficiências na implementação de projetos submetidos à avaliação de impacto ambiental no Estado de São Paulo. **Revista de Direito Ambiental**, n.23, p.163-204, 2010

DAVID, C. A. S., MACHADO R. G. - **Plano de Aproveitamento Econômico – PAE**. Curitiba: Mineral, 2002. 120p. Relatório Técnico

ENGEL, V. L.; MASSOCA, P.E.S.; PATRÍCIO, A. L.; MUNHOZ, M.O. Implantação de espécies nativas em solos degradados através de semeadura direta In: SIMPOSÍO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002 p.407-409.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro – RJ, 2 Ed. Rev. - **Manual de métodos de análise de solo**. 2010, 212 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra – **Documentos 73** - Colombo 2002, p.1-38.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Mapa de Solos do Estado do Paraná Legenda Atualizada** - Rio de Janeiro, p.78, 2008.

FARIAS C. E. G. Mineração e Meio Ambiente no Brasil - **Relatório Preparado para o CGEE**, Outubro de 2002.

FEARNSIDE, P. M.. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. **Estudos avançados**, v. 16, n. 44, p. 99-123, 2002.

FEARNSIDE, P. M., *et al.* Modelagem de desmatamento e emissões de gases de efeito estufa na região sob influência da rodovia Manaus-Porto Velho (BR-319). **Rev. Bras. Meteorol.**, v. 24, n. 2, p. 208-233, 2009.

FRANCHI, J. G., SÍGOLO J. B., LIMA J. R. B. Turfa Utilizada Na Recuperação Ambiental De Áreas Mineradas: Metodologia Para Avaliação Laboratorial. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, 2003.

FRANCO A. A., CAMPELLO E. F., DIAS L. E., FARIA S.M. 1994. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas - PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Simpósio Sul-Americano, 1, **Simpósio. Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas 2**, p. 145-53.

FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mudanças Climáticas - Guia de Informação**. 1 ed. Brasília, 2002.

FURRIELA, R.B. Introdução à Mudança Climática Global. **Desafios Atuais e Futuros**. Brasília: IPAN, p. 1 – 46, 2001.

GARDNER, J. **Rehabilitación de minas para el mejor uso del terreno: la minería de bauxita en el bosque de jarrah de Australia Occidental**. Unasyuva, Roma, v. 52, n. 207, p. 3-8, 2001.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; *et al.* Comparação de Métodos de Determinação do Carbono Orgânico em Solos Cultivados com Eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, p. 735-740, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n3/v33n3a26.pdf>>. Acesso em: 03/11/2011.

Google.com.br Disponível em: <http://www.estudamos.com.br/ciencias/tipos_de_raizes.php> Acessado em: 15/06/2011.

GUARIZ H. R., CAMPANHARO W. A., PICOLI M. H. S., CECÍLIO R. A., HOLLANDA M. P. - Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais - **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7709-7716.

HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. **Soil and Tillage Research**, v.46, p.209-223, 1998

HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. de. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: **Emissão x Sequestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil**. Rio de Janeiro. p. 125-153, 1994.

HOLTZ, G.P.; MOTA, J.A. **Protocolo de Quioto**: O potencial de sequestro de carbono pela agricultura conservacionista no Brasil. Disponível em: <<http://www.fcmc.es.gov.br/download/ArtigoProtocolodeQuiotoFinal.pdf>>. Acesso em: 28/10/2011.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná - CAVIGLIONE, J. H. ; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. - **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina :, 2000. CD

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e estudos ambientais. **Manual técnico da vegetação Brasileira**. Séries Manuais Técnicos em Geociências, nº 1. IBGE, Rio de Janeiro, 92p, 1991.

INPE. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. **Projeto PRODES**. Instituto de Pesquisas Espaciais, 2002. Disponível em: < <http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 22.10.2011.

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **A Importância da floresta nas mudanças climáticas**. 2009. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/26/26/16>>. Acesso em: 22.10.2011.

IPAM. **Qual a contribuição do Brasil para as mudanças climáticas? E qual o perfil das emissões brasileiras?**, 2010. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/27/27/17>>. Acesso em: 15.10.2011.

IPCC - Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima , **Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC**, 2007. Disponível em: < http://www.ccst.inpe.br/Arquivos/ipcc_2007.pdf>. Acesso em: 21.10.2011.

LIMA, M. A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.19, n. 3, p.451-472, set./dez., 2002. Disponível em: <http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v19/cc19n3_05.pdf>. Acesso em: 29/10/2011.

LORENZO, M. L. **Carbono em solos de cerrado: efeitos do uso florestal (vegetação nativa de cerrado, versus plantios de Eucalyptus e Pinus)**. 130f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociência – Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos estados de Santa Catarina e Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. v. 2, p. 63-154, 1947. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/babt/vjubilee/a10vjub.pdf>>_Acessado em: 29/08/2012.

MACÊDO, R. F. Inventário de emissões de dióxido de carbono (CO₂) geradas por fontes móveis no estado do Rio Grande do Norte – Janeiro de 2003 a Junho de 2004. **HOLOS**, Ano 20, p. 1-10, outubro/2004. Disponível em: <www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/35/36>. Acesso em 29/10/2011

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do Solo e a Mitigação da Mudança Climática Global. **Química Nova**, Salvador, v. 28, n.2, p.329-334, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000200026>. Acesso em: 23/10/2011.

MINERAIS DO PARANÁ S/A. **Perfil da Indústria de Rochas Calcárias**. Curitiba :p. 1-74 - MINEROPAR, 1999.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF (Brasil). Ministério da Meio Ambiente, p. 163, 2006.

MARTINS, C.R.; PEREIRA, P.A.P.; LOPES, W.A. *et al.* **Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a importância na química da atmosfera**. Disponível em: <<http://qnint.sbq.org.br/qni/visualizarTema.php?idTema=7>>. Acesso em: 29/10/2011

MATTOS, L. B. R. **A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa - O caso do município de Rio de Janeiro**. 222f. Dissertação (Mestrado Ciências em Planejamento Energético) - Departamento de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MELO, L. A. M. N.; **Modelagem de Combustíveis Florestais no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil**. – Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Paraná - Curitiba 2005;

MOGNON, F. **Dinâmica do estoque de carbono como serviço ambiental prestado por um fragmento de floresta ombrófila mista montana localizada no sul do estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. **Total carbon, organic carbon, and organic matter**. In: **BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods**. Madison, Soil Science of America and American Society of Agronomy, p.961-1010, 1996.

O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. **Organic matter accretion, decomposition and mineralization**. In: NAMBIAR, E. K. S., BROWN, A. G. (eds.) Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests. Camberra, ACIAR Austrália/CSIRO, Monograph, n. 43, v. 13, p. 19-33, 1989.

OLIVEIRA, M.J. **Incertezas associadas à temperatura do ar no contexto das mudanças climáticas: determinação das causas e efeitos de heterogeneidades e discussão das implicações práticas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

OLIVEIROS, L.F.C. **Emissões de CO₂ do Solo sob Preparo Convencional e Plantio Direto em Latossolo Vermelho do Rio Grande do Sul**. 80f. Dissertação (mestrado Ciência do Solo) - Santa Maria, 2008.

PAIXÃO F. A. , SOARES C. P. B. , JACOVINE L. A. G. , SILVA M. L. , LEITE H. G. E SILVA G. F - Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto; **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006

PACHECO, Santos dos M. R. P., HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Estudos avançados**. [online]., v. 4, n. 9, p. 204-220, 1990.

PEIXOTO, M. F. S. P. **Ciclo do carbono**. Bahia, UFRB 2008. Disponível em: <www.ufrb.edu.br/mapeneo/index...ciclo-do-carbono/download> Acesso em: 22/10/2011.

PIMENTEL L. C.F.; CHAVES C. R.; FREIRE L. A. A.; AFONSO J. C. O inacreditável emprego de produtos químicos perigosos no passado. **Química Nova**, v. 29 , n. 5. São Paulo. Set./Out., 2006. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000500040> Acesso em: 22/04/2012.

PINTO, F. C; SANTOS, R.N. Potenciais de Redução de Emissões de Dióxido de Carbono no Setor de Transportes: um estudo de caso da Ligação Hidroviária Rio-Niterói. **Engevista**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 3, p. 64-74, dezembro 2004.

PINTO, H.S; ASSAD, E.D; JÚNIOR, J.Z. *et al.* **Variabilidade Climática. Água, Agricultura e Meio Ambiente no Estado de São Paulo: Avanços e Desafios** Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/MudancasClimaticas/artigos/MUDAcCLIMA_CPMA_SIMP_AGUA.pdf>. Acesso em 01.11.2011.

PINTO-COELHO, R.M. **Fundamentos em Ecologia (ciclos – parte 2)**. Disponível em <www.icb.ufmg.br/~rmcp/livro/cap_23.pdf>. Acesso em 29.10.2011.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.35, p.929-938, 2000.

WAGNER, A. et. al. **A eleição presidencial e a mineração**. Gazeta Mercantil, Setembro de 2002. p.A3.

RANGEL, O. J. P. Estoque e frações da matéria orgânica e suas relações com o histórico de uso e manejo de Latossolos. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, 171f. 2006. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=141447> Acesso em: 24/08/2012.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. e CORRÊA, G.F. - **Pedologia: Base para distinção de Ambientes**. NEPUT. Viçosa. 2a edição, p. 1 - 367, 1997.

REZENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. Sequestro de Carbono: uma experiência concreta. **Instituto Ecológica**. 2001. Disponível em: <http://ecologica.org.br/en/images/stories/ecologica/pdf/publicacoes/revista_carbonosocial_n01.pdf>. Acesso em: 29/07/2012

RENNER, R.M. **Sequestro de Carbono e a Viabilização de novos Reflorestamentos no Brasil**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

RIBEIRO S. C. , JACOVINE L. A. G. , SOARES C. P. B., MARTINS S. V. , SOUZA A. L. E NARDELLI A. M. B. - Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais, **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009

RHEINHEIMER, D. S.; COSTA DE CAMPOS, B.; GIACOMINI, S. J.; *et al.* Comparação de Métodos de Determinação de Carbono Orgânico Total no Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** , 32:435-440, 2008 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/41.pdf>>. Acesso em 02/11/2011.

ROCHA M.; T.; - Os projetos florestais no mecanismo de desenvolvimento limpo **Florestar Estatístico**, São Paulo. v. 7, nº 16, 2004

RODRIGUES, R.; GANDOLFI, S. **Conceitos tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.R.(Eds.). Matas ciliares: conservação e recuperação. 2 ed. São Paulo, Edusp. p. 235-247, 2001.

ROCHA, M. T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: **As Florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, p. 1-34, 2002.

RUIVO, M. L. P. **Vegetação e características do solo como indicadores de reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas.) - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 101 f, 1998.

RUGGIERO, J. K.C.; FERREIRA, N.H.; PINTO, T.S.; *et al.* Distribuição espacial do carbono Orgânico em solos cultivados com aveia preta (*Avena strigosa*). **III Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias**, Botucatu, 2001. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/sgea/Docs2011/27.pdf>>. Acesso em: 04/11/2011.

SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; BARICHELLO, L. R.; CALDEIRA, M. V. W. - Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild em diferentes idades. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2. **Anais...** Santa Maria, RS, p.387-399, 2001.

SILVA, R.M. **Estudo de uma Metodologia para estimar a quantidade de carbono em amostras de solo utilizando Espectroscopia de emissão óptica com plasma induzido por laser (LIBS)**. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SILVEIRA, P. KOEHLER H. S., SANQUETTA C. R., ARCE J. E. O Estado Da Arte Na Estimativa De Biomassa e Carbono Em Formações Florestais – **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008

SMITH, J. E.; HEATH, L. H.; WOODBURY, P. B. How to estimate forest carbon for large areas from inventory data. **Journal of Forestry**. Washington, DC, p. 25-31, Jul./Aug., 2004.

SOARES, R. V. Comparação entre quatro índices na determinação do grau de perigo de incêndios no município de rio branco do sul –PR — **Revista Floresta** - v. 17, n. 12, 1986.

SORDI A.; DENARDIN R. B. N.; MATTIAS J. L. ; GOFFI T.; SCHRAGLE E. G. ; SPAGNOLLO E. - **Estoque De Carbono Do Solo, Sob Diferentes Sistemas De Uso Da Terra**. No Prelo.

TAYLOR, H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, v. 19, p. 111-119, 1991.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, Departamento de solos, 174p. 1995.

TEIXEIRA, R.; DOMINGOS, T.; CANAVEIRA, P.; *et al.* Balanço de Carbono em Pastagens Semeadas Biodiversas. **Pastagens e Forragens**, vol. 29/30, p.59-74, 2009. Disponível em: <<http://www.sppf.pt/items/4R.Teixeira41-58.pdf>>. Acesso em: 29/10/2011.

TONELLO, V.M.M. **Principais Aspectos do Ciclo Biogeoquímico do Elemento Carbono e seu Contexto na Atualidade**. 133f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TORMENA C. A. ; BARBOSA M. C.; COSTA A. C.S. ; GONÇALVES A. C. A. densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo - **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, out./dez. 2002

VIOLA, E. O Regime Internacional de Mudança Climática e o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v.17 n. 50, p.25-46, outubro, 2002. Disponível em < <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/107/10705003.pdf>>. Acesso em 23.10.2011

WATSON, R.T; NOBLE, I.R.; BOLIN, B.; RAVINDRANATH, N.H.; VERARDO, D.J.;DOKKEN, D.J. (2000). - **Land Use, Land Use Change, and Forestry, a special report of the IPCC**. Cambridge: Cambridge University Press. 30p. Disponível em < <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-en.pdf>>. Acesso em 23.08.2012

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R; SCHUMACHER, M. V. Fixação de carbono em floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. **As florestas e o carbono**. Curitiba, p.153-173, 2002.

WATZLAWICK L.F., SANQUETTA C.R., CALDEIRA M.V.W. Estoque de carbono orgânico e biomassa em Pinus taeda L. **Revista Biomassa e Energia**; 2(1):7-17, 2005.

WEBER, K.S. et al.; Teores de Carbono Orgânico de Seis Espécies Naturais do Ecossistema da Floresta Ombrófila Mista – PR – **Ambiência** , Guarapuava, v. 2, n. 2, p. 167-177, jul./dez 2006.

WHITAKER, C. A importância da recuperação e preservação das matas ciliares e identificação das prováveis espécies mais eficientes no sequestro de carbono. **Anais do III Congresso de Iniciação Científica do Centro Universitário Senac – III CIC/ Centro Universitário Senac – São Paulo**, 02 e 03 de outubro de 2008.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia – Ralações solo-planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. p. 262, 1979.

S.T. SPERA *et al.* Efeitos de Sistemas de Produção de Grãos Envolvendo Pastagens Sob Plantio Direto nos Atributos Físicos de Solo e na Produtividade - **Revista Brasileira Ciência. Solo**, v. 28, p. 533-542, 2004